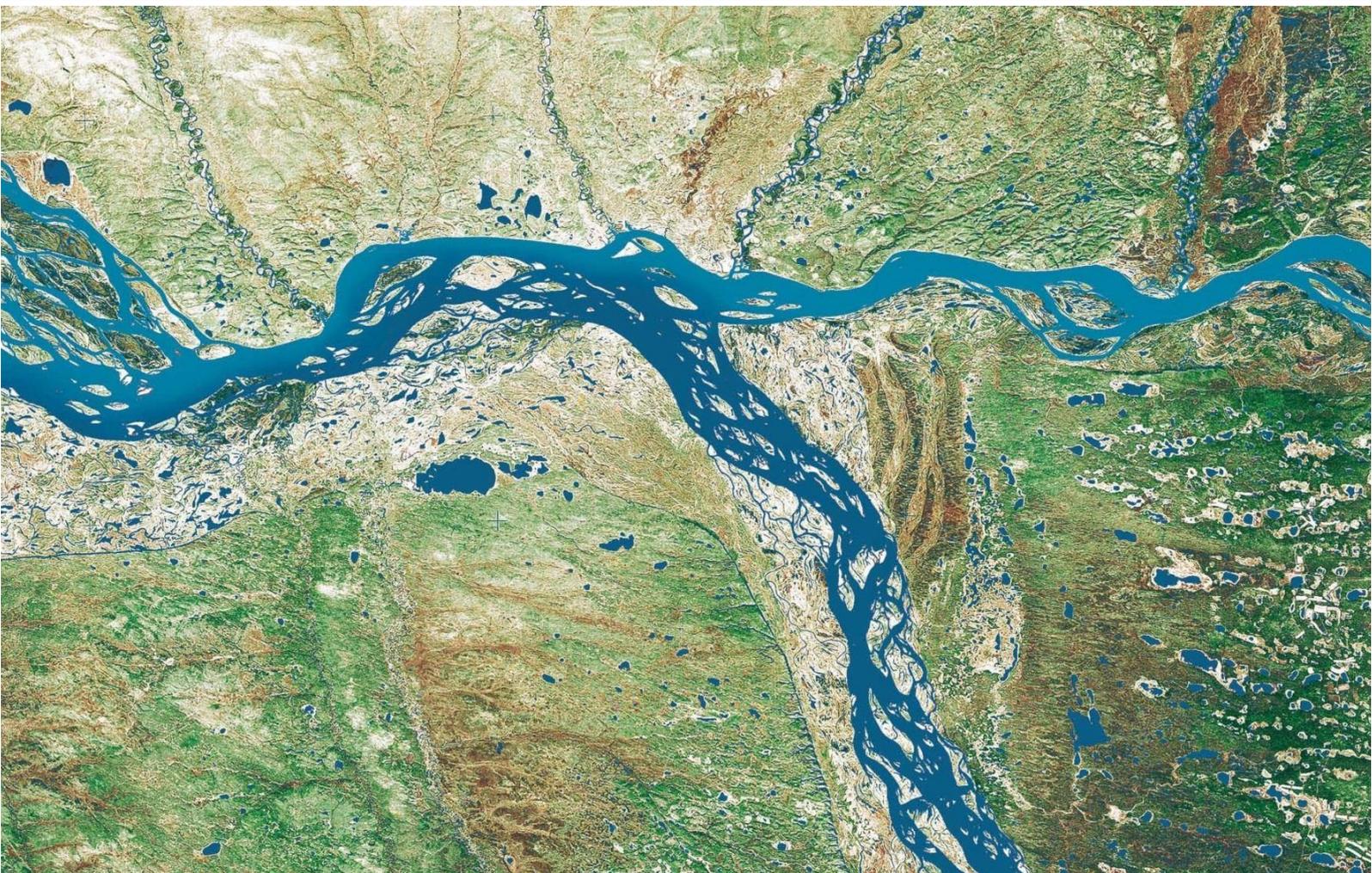


ДИНАМИКА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ И ГЛОБАЛЬНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА

Environmental Dynamics and Global Climate Change



Том
Volume

15

Выпуск
Issue

4

2024



ENVIRONMENTAL DYNAMICS AND GLOBAL CLIMATE CHANGE

Volume 15
Issue 4

2024

<https://edgcccjournal.org>

EDITORIAL BOARD

EDITORS-IN-CHIEF

Mikhail V. Glagolev, PhD of Biol. Sci. (Moscow, Russia)

DEPUTY EDITOR-IN-CHIEF

Elena D. Lapshina, Dr. habil. of Biol. Sci., Professor (Khanty-Mansiysk, Russia)

EDITORIAL BOARD

Elena V. Agbalyan, Dr. habil. of Biol. Sci. (Salekhard, Russia)

Sergey A. Blagodatskiy, Dr. habil. of Biol. Sci. (Stuttgart, Germany)

Sergey S. Bykhovets, PhD in Geogr. Sci. (Pushchino, Russia)

Vasilii A. Vavilin, Dr. habil. of Phys. and Math. Sci. (Moscow, Russia)

Aleksandra A. Gol'eva, Dr. habil. of Geogr. Sci. (Moscow, Russia)

Egor A. Dyukarev, PhD in Phys. and Math. Sci. (Tomsk, Russia)

Nikolay B. Ermakov, Dr. habil. of Biol. Sci., senior researcher (Yalta, Russia)

Radomir B. Zaripov, PhD in Phys. and Math. Sci. (Moscow, Russia)

Dmitriy V. Karelin, Dr. habil. of Biol. (Moscow, Russia)

Roman A. Kolesnikov, PhD in Geogr. Sci. (Salekhard, Russia)

Nadezhda A. Konstantinova, Dr. habil. of Biol. Sciences, Professor (Apatity, Russia)

Oleg P. Kotsyurbenko, Dr. habil. of Biol. Sci. (Khanty-Mansiysk, Russia)

Alexei V. Kouraev, PhD in Geogr. Sci., Assistant professor (Toulouse, France)

Irina N. Kurganova, Dr. habil. of Biol. Sci. (Pushchino, Russia)

Trofim K. Maksimov, Dr. habil. of Biol. Sci. (Yakutsk, Russia)

Shamil S. Maksyutov, PhD in Phys. and Math. Sci. (Tsukuba, Japan)

Sergey V. Mamikhin, Dr. habil. of Biol. Sci. (Moscow, Russia)

Vasilii B. Martynenko, Dr. habil. of Biol. Sci., Professor (Ufa, Russia)

Nsdezhdha V. Matveeva, Dr. habil. of Biol. Sci. (Sankt-Petersburg, Russia)

Evgeniy Y. Milanovskiy, Dr. habil. of Biol. Sci., Associate Professor (Pushchino, Russia)

Ol'ga V. Morozova, PhD in Geogr. Sci. (Moscow, Russia)

Valentina Y. Neshataeva, Dr. habil. of Biol. Sci., senior researcher (St. Petersburg, Russia)

Aleksandr V. Ol'chev, Dr. habil. of Biol. Sci., Professor (Moscow, Russia)

Oleg S. Pokrovskiy, PhD in Geol.-Mineral. Sci. (Tomsk, Russia)

Alexander V. Puzanov, Dr. habil. of Biol. Sci., Professor (Barnaul, Russia)

Irina A. Repina, Dr. habil. of Phys. and Math. Sci. (Moscow, Russia)

Irina M. Ryzhova, Dr. habil. of Biol. Sci., Professor (Moscow, Russia)

Yuriy A. Semenishchenkov, Dr. habil. of Biol. Sci., Professor (Bryansk, Russia)

Ol'ga N. Solomina, Dr. habil. of Geogr. Sci., corresp. member of the Russian Academy of Sciences (Moscow, Russia)

Viktor M. Stepanenko, Dr. habil. of Phys. and Math. Sci. (Moscow, Russia)

Alexey L. Stepanov, Dr. habil. of Biol. Sci. (Moscow, Russia)

Pavel V. Frolov, PhD in Biol. Sci. (Pushchino, Russia)

Evgeniy V. Shein, Dr. habil. of Biol. Sci. (Moscow, Russia)

Sergey A. Shoba, Dr. habil. of Biol. Sci., Professor, Corresponding Member of the RAS (Moscow, Russia)

Mariusz Lamentowicz, Dr. habil., Full-Professor (Poznan, Poland)

Kári Fannar Lárusson, PhD, CAFF program manager (Akureyri, Iceland)

Ivan Mammarella, PhD, Assistant Professor (Helsinki, Finland)

Vincent F. Warwick, Dr., Full-Professor (Quebec Canada)

Editorial Office

O.A. Frolov, PhD, managing editor (Moscow, Russia)

D.D. Ochirova, technical editor (Moscow, Russia)

S.M. Turchinskaya, technical editor (Moscow, Russia)

Founder:

Yugra State University. 628012, Russia, Khanty-Mansi autonomous Area, Khanty-Mansiysk, Chekhova str., 16. Phone/fax: +7(3467)377-000, ext. 101, WEB: www.ugrasu.ru

National Research Tomsk State University. 634050, Russia, Tomsk, Lenin Ave, 36. Phone: +7(3822)58-98-52, fax: +7(3822)52-95-85, WEB: www.tsu.ru

Institute for Water and Environmental Problems of the Siberian Branch of the Russian Academy of Science. 656038, Russia, Barnaul, Molodezhnaya str., 1. Phone: +7(3852)66-64-60, fax: +7(3852)24-03-96, WEB: www.iwep.ru

Arctic Research Center of the Yamal-Nenets autonomous Area. 629001, Russia, Yamal-Nenets autonomous District, Salekhard, Republic str., 73. Phone/fax: +7(34922)441-32, WEB: www.arctic.yanao.ru

ДИНАМИКА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ И ГЛОБАЛЬНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА

Том 15
Выпуск 4
2024

Журнал издается с 2008 года

<https://edgccjournal.org>

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

ГЛАВНЫЕ РЕДАКТОРЫ

Михаил Владимирович Глаголев, канд. биол. наук (Москва, Россия)

ЗАМЕСТИТЕЛЬ ГЛАВНОГО РЕДАКТОРА

Елена Дмитриевна Лапшина, д-р биол. наук, профессор (Ханты-Мансийск, Россия)

ЧЛЕНЫ РЕДАКЦИОННОЙ КОЛЛЕГИИ

Е.В. Азбалин, д-р биол. наук (Салехард, Россия)
С.А. Благодатский, д-р биол. наук (Штутгарт, Германия)
С.С. Быховец, канд. геогр. наук (Пушино, Россия)
В.А. Вавилин, д-р физ.-мат. наук (Москва, Россия)
А.А. Гольева, д-р геогр. наук (Москва, Россия)
Е.А. Дюкарев, канд. физ.-мат. наук (Томск, Россия)
Н.В. Ермаков, д-р биол. наук, старший научный сотрудник (Ялта, Россия)
Р.Б. Зарипов, канд. физ.-мат. наук (Москва, Россия)
Д.В. Карелин, д-р биол. наук (Москва, Россия)
Р.А. Колесников, канд. геогр. наук (Салехард, Россия)
Н.А. Константинова, д-р биол. наук, профессор (Апатиты, Россия)
О.Р. Коцюрбенко, д-р биол. наук (Ханты-Мансийск, Россия)
А.В. Кураев, канд. геогр. наук, доцент (Тулуза, Франция)
И.Н. Курганова, д-р биол. наук (Пушино, Россия)
Т.Х. Максимов, д-р биол. наук (Якутск, Россия)
Ш.Ш. Максюттов, канд. физ.-мат. наук (Цукуба, Япония)
С.В. Мамихин, д-р биол. наук (Москва, Россия)
В.Б. Мартыненко, д-р биол. наук, профессор (Уфа, Россия)
Н.В. Матвеева, д-р биол. наук (Санкт-Петербург, Россия)
Е.Ю. Милановский, д-р биол. наук, доцент (Пушино, Россия)

О.В. Морозова, канд. геогр. наук (Москва, Россия)
В.Ю. Нешатаева, д-р биол. наук, старший научный сотрудник (Санкт-Петербург, Россия)
А.В. Ольчев, д-р биол. наук, профессор (Москва, Россия)
О.С. Покровский, канд. геол.-минерал. наук (Томск, Россия)
А.В. Пузанов, д-р биол. наук, профессор (Барнаул, Россия)
И.А. Репина, д-р физ.-мат. наук (Москва, Россия)
И.М. Рыжова, д-р биол. наук, профессор (Москва, Россия)
Ю.А. Семенецников, д-р биол. наук, профессор (Брянск, Россия)
О.Н. Соломина, д-р геогр. наук, чл.-корр. РАН (Москва, Россия)
В.М. Степаненко, д-р физ.-мат. наук (Москва, Россия)
А.Л. Степанов, д-р биол. наук, профессор (Москва, Россия)
П.В. Фролов, канд. биол. наук (Пушино, Россия)
Е.В. Шейн, д-р биол. наук, профессор (Москва, Россия)
С.А. Шоба, д-р биол. наук, профессор, чл.-корр. РАН (Москва, Россия)
М. Ламентович, д-р, профессор (Познань, Польша)
И. Маммарелла, д-р, доцент (Хельсинки, Финляндия)
В.Ф. Варвик, д-р, профессор (Квебек, Канада)

Редакция

О.А. Фролов, канд. биол. наук, заведующий редакцией (Москва, Россия)
Д.Д. Очирова, редактор (Москва, Россия)
С.М. Турчинская, редактор (Москва, Россия)

Учредители:

ФГБОУ ВО «Югорский государственный университет».

628012, Россия, Ханты-Мансийский автономный округ — Югра, г. Ханты-Мансийск ул. Чехова, 16.
 Тел./факс: +7(3467)37-70-00 (доб. 101), WEB: www.ugrasu.ru

ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Томский государственный университет».

634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 36. Тел.: +7(3822)58-98-52, факс: +7(3822)52-95-85, WEB: www.tsu.ru

ФГБНУ Институт водных и экологических проблем Сибирского отделения Российской Академии наук.
 656038, Россия, г. Барнаул, ул. Молодежная, 1. Тел.: +7(3852)66-64-60, факс: +7(3852)24-03-96, WEB: www.iwep.ru

ГКУ Ямало-Ненецкого автономного округа «Научный центр изучения Арктики».

629008, Россия, Ямало-Ненецкий автономный округ, г. Салехард, ул. Республики, 73. Тел./факс: +7(34922)441-32,
 WEB: www.arctic.yanao.ru

Журнал зарегистрирован Федеральной службой по надзору за соблюдением законодательства в сфере массовых коммуникаций, связи и охране культурного наследия. Свидетельство о регистрации ЭЛ № ФС 77-82594 от 18.01.2022 г.

Индексируется: Science Index (РИНЦ), Google Scholar, Ulrich's Periodicals Directory, WorldCat, EBSCO

Архив журнала «Динамика окружающей среды и глобальные изменения климата» размещен в сети Интернет www.elibrary.ru, <https://edgccjournal.org/EDGCC/issue/archive>

ОБЗОРЫ И ЛЕКЦИИ / OVERVIEWS AND LECTURES

Frolov O.A., Glagolev M.V., Terentieva I.E.

Analytic review of the first 15 years of journal functioning 226-245

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ РАБОТЫ / EXPERIMENTAL WORKS

Lavrinenko I.A., Lavrinenko O.V.

Catalog of the mire habitats of East European tundra 246-275

Dyukarev E.A., Veretennikova E.E., Sabrekov A.F., Kulik A.A., Zarov E.A.

Methane and carbon dioxide fluxes correlation according to automatic chamber observations at the Mukhrino bog ridge and hollow comple 276-288

ХРОНИКА / CHRONICLE

Kupriianova I.V., Lapshina E.D.

Consortium "RITM carbon" launches a series of online lectures "The World of wetland ecosystems: from basics to innovations" 289-296

ANALYTIC REVIEW OF THE FIRST 15 YEARS OF JOURNAL FUNCTIONING

Frolov O.A.¹, Glagolev M.V.^{1,2,3*}, Terentieva I.E.⁴

¹⁾ Югорский государственный университет, Ханты-Мансийск

²⁾ Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова

³⁾ Институт лесоведения РАН, с. Успенское (Московская обл.)

⁴⁾ University of Calgary, Calgary, Canada

* m_glagolev@mail.ru

Citation: Frolov O.A., Glagolev M.V., Terentieva I.E. 2024. Analytic review of the first 15 years of journal functioning. *Environmental Dynamics and Global Climate Change*. 15(4): 226-245.

DOI: 10.18822/edgcc643554

Приведены статистические (наукометрические) данные публикационной активности журнала «Динамика окружающей среды и глобальные изменения климата» (ДОСигИК). Кроме того, сделана попытка проанализировать, какие материалы оказались наиболее полезны читателям. В дополнение к ранее вышедшему обзору за 10 лет проведена оценка работы журнала за последние пять лет. Отмечены изменения в формате издания журнала (переход только к электронной публикации статей) и то, как эти изменения сказываются на статистических данных. Выделены статьи, вызвавшие наибольший отклик у читателей (по количеству просмотров на сайте и цитированию). Двухлетний импакт-фактор журнала за последние пять лет сохраняется примерно на одном уровне, достигнув хорошего показателя в сравнении с другими журналами сходной тематики (выборка объемом 27 журналов из числа тех, в которых публикуются наши постоянные авторы). Число авторов ДОСигИК существенно не меняется: за год в ДОСигИК публикуется около 16 человек, причем ежегодная доля новых авторов также примерно постоянна – около 50%. Наблюдается тенденция к возрастанию времени полужизни статей журнала ДОСигИК в течение последних 10 лет. Средний индекс Хирша авторов ДОСигИК с течением времени имеет тенденцию к увеличению. По показателю «Вероятность цитирования статьи после прочтения» журнал оказался на третьем месте среди журналов рассматриваемой выборки.

Ключевые слова: наукометрия, библиометрия, философия науки, импакт-фактор, индекс Хирша, цитирование.

This article reviews the activities of the journal *Environmental Dynamics and Global Climate Change* (EDGCC) over the 15 years since the publication of its first issue. The journal aims to inform interested readers about scientific and educational developments within the themes of "Environmental Dynamics" and "Global Climate Change." The main objectives of the journal include:

- Publishing scientific papers, reviews and discussions addressing topics related to the composition, structure, and functioning of natural and anthropogenically disturbed systems under the climate change.
- Informing about the main results of scientific work carried out within priority areas of research in university, academic and industry sciences on the Earth and the environment
- Fostering open scientific dialogue to improve the quality of research.
- Promoting national and international best practices in applying cutting-edge technologies.

The journal accepts papers in both Russian and English. Submissions may include methodological, theoretical, and experimental works, ranging from regionally focused and federally funded projects to independent research yet to receive formal grant support. Recognizing the scarcity of high-quality Russian-language reviews in certain areas of global ecology and climatology, the journal also welcomes reviews and lectures by leading scientists to fill this gap. Papers undergo a double-blind peer review process, typically involving three reviewers who evaluate manuscripts anonymously without knowledge of the authors or their affiliations.

This article presents scientometric data on the publication activity of EDGCC, along with an analysis of materials deemed most useful to readers. In addition to the review of the last 10 years published previously, this article evaluates the journal's performance over the past five years. It highlights changes in publication format, particularly the shift to electronic-only articles, and their impact on key metrics. Papers with the highest reader engagement (measured by website views and citations) are identified. The analysis reveals that theoretical studies attract the greatest interest, followed closely by experimental works. Notably, a "Discussion" paper achieved the fastest citation rate, while a "Chronicle" paper recorded the highest number of abstract views in the past five years.

The journal's two-year impact factor has remained stable over the last five years, achieving competitive results compared to 27 peer journals with similar themes, where our regular contributors publish frequently. The number of authors publishing in EDGCC has remained consistent, averaging 16 authors annually, with approximately 50% being

new contributors each year. A trend of increasing article half-life is observed over the past decade. The average h-index of EDGCC authors has shown an upward trend over time. In terms of "probability of citation after reading," EDGCC ranks third among the analyzed journals.

Key words: scientometrics, bibliometry, philosophy of science, impact factor, h-index, citation.

Используемые сокращения

АНРИ – Ассоциация научных редакторов и издателей;
БюМОИП – Бюллетень Московского общества испытателей природы;
ВеЦиПоП – вероятность цитирования (статьи) после прочтения;
ВПоС – время полужизни статей (из журнала, процитированных в текущем году);
ДОСиГИК – «Динамика окружающей среды и глобальные изменения климата»;
ИФ (или IF) – импакт-фактор;
ИХ – индекс Хирша;
НЭИКОН – Национальный электронно-информационный консорциум;
ОСНЭБ – официальный сайт Научной электронной библиотеки;
РИНЦ – Российский индекс научного цитирования;
ЭВеСеК – «Экологический вестник Северного Кавказа»;
ЮГУ – Югорский государственный университет.

Конечно, могут упрекнуть автора, что... не видит в этих цифрах ничего негативного. Да, не видит, потому что негатива нет. Есть позитив.

А.Б. Мартиросян

ВВЕДЕНИЕ

Хотя наука, согласно Лейбницу, безусловно, слагается из открытий, она тем не менее не сводится к их сумме, ибо открытие по своей природе – частный индивидуально-психологический акт, тогда как наука всеобща и аподиктична. Как отмечал Лейбниц, факт открытия «явился бы очень важным элементом истории наук, но на нем нельзя было бы построить системы»¹. Всеобщий и аподиктический статус науки, по Лейбницу, обусловлен своеобразной структурированностью **оформленного в текстах** познания, которая заключается в принципах его изложения [P'in, 1989, p. 19]. Уже примерно к середине XX в. как социальный институт и неотъемлемый инструмент общения между учеными начинает рассматриваться научный журнал². Основное значение научных журналов очевидно.

При интенсивном развитии различных направлений науки ученые сталкиваются со становящейся все более сложной задачей не отставать от развивающихся знаний, видеть и понимать происходящее там, знать имеющиеся и отслеживать появляющиеся (хотя бы наиболее существенные и значимые) научные наработки других исследователей в своей сфере, а в идеале – и в сопряженных с нею [Ponkin, Red'kina, 2019, p. 12]. Однако существуют и менее очевидные аспекты, которые также оказываются весьма важными.

При дифференциации специальных областей взаимосвязь между учебными и исследовательскими учреждениями, с одной стороны, и научными журналами – с другой – стала особенно явной. Однако развитие специфической отраслевой литературы (и в особенности издание специального журнала) играет значительную роль не только в процессе образования самостоятельных научных дисциплин, но и при возникновении в них школ. Некоторые из периодических изданий стали именно органами научных школ, и их функция состояла в том, чтобы сделать доступными мысли и цели соответствующих школ для широких кругов [Heinig, 1977, p. 416-417]. Исторически так сложилось и с нашим журналом: предполагалось, что он станет «рупором» научной школы «Динамика окружающей среды и глобальные изменения климата», созданной в Югорском государственном университете усилиями к.б.н. М.В. Глаголева и д.б.н. Е.Д. Лапшиной³.

¹ Лейбниц Г. 1936. Новые опыты о человеческом разуме. М. С. 366. – Цит. по [P'in, 1989, p. 19, 123].

² Маршакова-Шайкевич И.В. 2009. Цитирование в науке // Энциклопедия эпистемологии и философии науки. М.: Канон+; Реабилитация. С. 1116-1120. – Цит. по [Ponkin, Red'kina, 2019, p. 12].

³ Идея создания именно периодического научного **журнала** принадлежала Е.Д. Лапшиной. М.В. Глаголев со свойственной ему (не всегда уместной) осторожностью предлагал ограничиться на первых порах изданием ежегодного сборника научных трудов, а если такой сборник продемонстрирует свою жизнеспособность в течение 4 или, лучше, 5 лет, то лишь тогда можно будет перейти к изданию журнала.

Однако хотя предыдущий опыт (например, тесные связи между научными школами в химии и определенными журналами, ставшие особенно зримыми в Германии в XIX в.) показал, что подобные журналы всегда были органами того ученого, который основал этот журнал и отвечал за его издание [Heinig, 1977, p. 417], мы сразу поставили следующую задачу: ДОСиГИК должен быть платформой для научных дискуссий широкого круга специалистов, а не только формальных представителей вышеуказанной научной школы. Была также и еще одна задача: попытаться создать журнал, который стал бы «начальной школой» для молодежи на пути освоения публикации в международных журналах – издание, которое исповедовало бы основные принципы, принятые в международных научных журналах, но принимало бы статьи на русском языке. Мы верим, что для динамичной (по нашему мнению) молодежи освоение принципов, принятых в международных научных журналах, не составит труда (а тогда единственной – и довольно легко преодолимой – трудностью на пути опубликования статей в международных журналах останется лишь английский язык).

Уже в течение нескольких десятилетий к наукометрии и библиометрии проявляется повышенное внимание [Nalimov, Mul'chenko, 1969; Sidiropoulos et al., 2006; Karelin et al., 2020; Giri, Das, 2023]. С одной стороны, это связано со всё возрастающим количеством научных журналов, необходимостью их классификации. С другой стороны, с возможностью использовать информацию из различных наукометрических и библиометрических баз данных журналов, чтобы отследить отклик (интерес) читателей к журналу в ответ на текущую политику, проводимую в нём. В самом деле, хороший аналитический обзор может помочь редакционной коллегии увидеть сильные и слабые стороны, позиционирование в поле журналов близкой тематики, скорректировать политику для улучшения показателей журнала.

Многие современные базы данных, например, такие как Scopus, Web of Science (WoS), eLibrary, отслеживают наукометрические и библиометрические показатели. В некоторых случаях обзор журнала проводят с целью проанализировать информацию о журнале из этих баз [Kalaimathi et al. 2024; Giri, Das, 2023; Mazov, Gureev, 2018] или оценить по прошествии времени изменения наукометрических показателей [Kosyakov et al., 2020]. В других случаях обзоры проводят с целью войти в какую-то конкретную базу данных и соответственно проанализировать критерии заранее до подачи в неё заявки [Mukhametshin, Asylgaraeva, 2021].

В текущем обзоре мы преследовали цель рассмотреть не столько конкретную базу данных или требования для попадания в тот или иной список, но оценить изменения, произошедшие с журналом: то, в какую сторону мы движемся, придерживаясь определённой политики, и то, как она влияет на наукометрические показатели журнала. Теперь, спустя 15 лет с момента выхода первого номера, уже можно проанализировать, что нам удалось, а что нет. И сделать выводы на ближайшее будущее – следует ли (и как) реформировать редакционную политику журнала. Это и составило задачу работы, представляемой вниманию читателей.

НАУКОМЕТРИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЖУРНАЛА

Методика

В последующих разделах будет описана динамика некоторых наукометрических показателей и проведено сравнение их текущих значений с таковыми для ряда других журналов. Все наукометрические показатели для этого анализа были взяты с официального сайта⁴ Научной электронной библиотеки (ОСНЭБ) eLibrary. Журналы для сравнения были выбраны те же, что и в [Glagolev et al., 2018] (принцип выбора описан там же). Анализ уровня редакционной коллегии проводился согласно методике [Mazov, Gureev, 2018], рекомендованной НЭИКОН и АНРИ (и используемой при продвижении журналов в международные указатели цитирований [Methodology..., 2017]) по пятибалльной шкале на основе данных о публикационной активности членов редколлегии (по оценке индекса Хирша в РИНЦ, SCOPUS и WoS).

Динамика некоторых наукометрических показателей

Ниже будет представлена динамика ряда наукометрических показателей, но прежде считаем нужным сделать одно замечание. В [Glagolev et al., 2018] была опубликована динамика этих

⁴ <https://elibrary.ru>

показателей до 2016 г. включительно. Поскольку eLibrary приводит информацию за 10 лет, то сейчас⁵ мы можем видеть на ОЧНЭБ данные для 2012-2021 гг. Таким образом, некоторые из этих данных (за 2012-2016 гг.) пересекаются с представленными в [Glagolev et al., 2018] и, казалось бы, должны совпадать с ними. Однако совпадения почти никогда нет. Этому может быть как минимум две причины:

- **Некоторые показатели по своей сути действительно могут изменяться с течением времени.** Например, в [Glagolev et al., 2018] было указано, что «вероятность цитирования после прочтения» (ВеЦиПоП) статей ДОСиГИК, опубликованных в 2015 г., оказалась нулевой. А теперь выяснилось, что она составила 10.8%. Но при расчете ВеЦиПоП учитываются лишь цитирования теми авторами, которые скачали полный текст статей на портале eLibrary.ru. Очевидно, что на момент написания работы [Glagolev et al., 2018] таких авторов могло просто еще не быть⁶ (поэтому тогда действительно была ВеЦиПоП = 0), а теперь они появились в значительном количестве.
- Есть и такие показатели, которые (по своему смыслу) изменяться не должны, но поскольку ежегодно на сайте eLibrary какие-то новые журналы размещаются, а какие-то (дискредитировавшие себя) – удаляются, то и эти **показатели пересчитываются по текущей базе данных журналов (статей).**

В связи с вышесказанным, на сегодняшний день⁷ там, где возникают противоречия, «правильной» следует считать информацию, приводимую в настоящей статье, а не в [Glagolev et al., 2018].

Краеугольный камень онтологии и репрезентации науки – цитирование. Согласно И.В. Маршаковой-Шайкевич, «цитирование... – факт бытия науки и объект науковедческого исследования, надежность которого определяется самой традицией науки как социального института. Феномен цитирования является неоспоримо важной этической нормой в науке, общенаучным регулятором... и, безусловно, одним из важных средств научной коммуникации» [Ponkin, Red'kina, 2019, p. 13]. В свете этого, анализируя состояние дел в ДОСиГИК, естественно будет начать с анализа показателей, связанных с цитированием статей этого журнала. На Рис. 1 приведена динамика 2-летних ИФ (РИНЦ) – обычного⁸ и учитывающего цитирования из всех источников. К сожалению, за прошедший относительно короткий срок трудно сделать статистически значимые выводы. С формальной точки зрения есть некоторый положительный тренд: за 15 лет ИФ журнала вырос примерно в два раза. Однако при внимательном рассмотрении становится очевидным, что этот (и даже более высокий) рост произошел в первые годы существования ДОСиГИК, после чего наблюдались некоторые колебания импакт-фактора, но говорить об устойчивом тренде, к сожалению, пока не приходится.

С учетом этой динамики ИФ вполне понятна и аналогичная динамика количества цитирований статей, опубликованных за предыдущие 5 лет (Рис. 2). В этом случае тренд кажется более заметным, но все равно примерно с 2017 г. наблюдается некоторая стагнация. Таким образом, по Рис. 1 и 2 можно сделать вывод, что к своему десятилетию журнал достиг уровня, который в дальнейшем, к сожалению, уже не возматерал. На первый взгляд, это не подтверждается динамикой обращений к странице журнала в eLibrary – Рис. 3: количество загрузок текстов статей ДОСиГИК с сайта eLibrary устойчиво растет год от года. Однако ничего удивительного тут нет – ведь в каждый следующий год загрузить можно все большее количество статей, поскольку в этом показателе учитываются сделанные в текущем году загрузки любой статьи, опубликованной в любые годы, а с каждым годом общее количество статей растет. Более того, если каждый год публикуется примерно одинаковое количество статей (кстати говоря, для «Динамики окружающей среды...» это примерно так и есть) и качество статей остается постоянным, то количество загрузок должно ежегодно увеличиваться

⁵ На момент написания статьи. Вероятно, к моменту опубликования «окно» представленных в eLibrary данных сдвинется на 2013-2022 или даже 2014-2023 гг.

⁶ На первый взгляд может показаться, что импакт-фактор журнала никогда не был нулевым, следовательно, цитирования все-таки были. Однако никакого парадокса тут нет: цитирующие авторы могли скачать цитируемые статьи не с eLibrary.ru, а, например, с сайта издательства (или вообще ниоткуда не скачивать, а взять в библиотеке бумажный вариант журнала).

⁷ Если для читателя «сегодняшний день» уже довольно далеко отстоит от момента написания нашей статьи, то, вероятнее всего, неугомонная eLibrary наукометрические показатели опять изменит. Поэтому «правильными» в каждый момент времени следует считать те значения, которые размещены на ОЧНЭБ.

⁸ Учитывающего цитирования только из журнальных статей.

примерно на одну и ту же величину, т.е. мы будем иметь линейную динамику. Именно такую динамику мы и наблюдаем на Рис. 3.

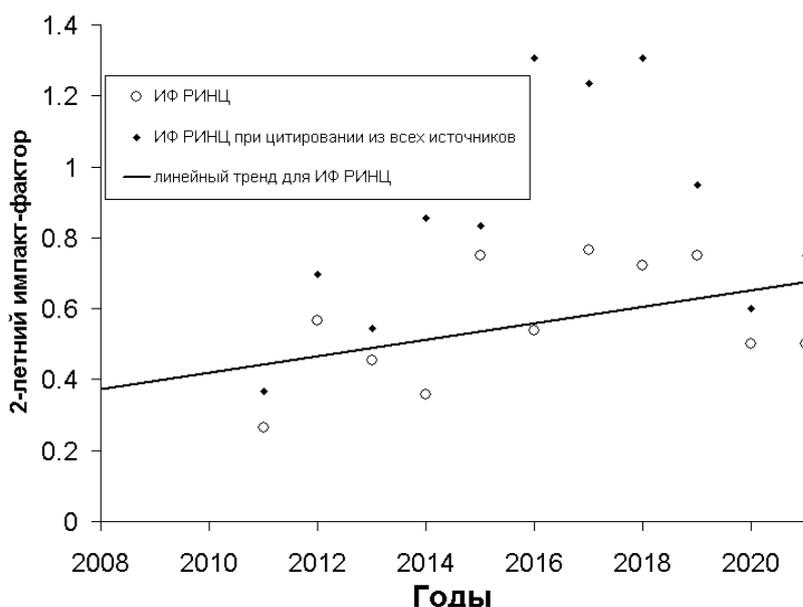


Рис. 1. Динамика импакт-факторов ДОСиГИК (по данным eLibrary на 15.09.2023).

Fig. 1. Dynamics of EDGCC impact factors (according to eLibrary data: 15 Sept. 2023).

Таблица 1. Наукометрические показатели (за 2021 г.) некоторых отечественных журналов, в которых когда-либо печатались авторы ДОСиГИК (по данным eLibrary на 15.09.2023).

Table 1. Scientometric indicators (for 2021) of some domestic journals in which EDGCC authors have ever been published (according to eLibrary data: : 15 Sept. 2023).

Журнал	Показатель					Год основания
	2-летний ИФ РИНЦ*	Время полужизни процитированных статей	Средний индекс Хирша авторов	Средний возраст авторов	Вероятность цитирования статьи после прочтения (%)	
Агрохимия	1.221	9.3	<i>11.5</i>	57.3	3.3	1964
Ботанический журнал	0.684	9.9	9.7	55.7	1.2	1916
БюМОИП. Отдел Биологический	<i>0.476</i>	8.1	9.8	53.7	7.1	1829
Вестник МГУ, сер. Почвоведение	<i>0.453</i>	5.6	<i>10.4</i>	52.9	3.5	1946
Вестник Оренбургского гос. ун-та	<i>0.42</i>	8.6	7	51.8	5.5	1999
Вестник Томского гос. пед. ун-та	<i>0.439</i>	5.1	3.6	44.2	4.5	1998
Вестник Томского гос. ун-та	0.594	6.6	7.7	46.4	3.6	1998
Вестник Югорского гос. ун-та	<i>0.347</i>	5.8	8.8	44.4	2.8	2003
Водные ресурсы	1.23	5.4	<i>11.4</i>	56.4	5	1972
Геоинформатика	0.537	4	6.3	49.3	0	1992
ДОСиГИК	0.5	4.6	17.1	50.3	10.7	2008
Известия РАН. Сер. биологическая	1.035	5.2	<i>10.3</i>	58.5	3.3	1936
Известия РАН. Физика атмосферы и океана	1.136	3.9	<i>12.9</i>	60.3	1.7	1937
Известия Самарского НЦ РАН	<i>0.297</i>	7.8	8.6	46.8	3.5	1999
Исследование Земли из космоса	0.959	3	<i>10.5</i>	53	1.6	1980
Математическая биология и биоинформатика	0.612	3.8	9.5	56.1	0	2006
Метеорология и гидрология	0.879	5.8	9.2	57.1	2.7	1935
Микология и фитопатология	0.904	6.4	<i>10.5</i>	51.3	4.9	1967
Микробиология	1.55	8.5	<i>14.3</i>	51.3	2.9	1932
Оптика атмосферы и океана	0.727	4.1	<i>11.9</i>	56.1	7.2	1988
Почвоведение	2.417	7.2	<i>11.7</i>	52.3	3.4	1899
Сибирский экологический журнал	1.025	6.7	<i>10.1</i>	54.2	1.1	1994
ЭВсСеК	<i>0.404</i>	3.4	9.2	52.9	3.6	2005
Экологическая химия	<i>0.434</i>	4	9.4	55.6	33.3	1999
Экология	1.035	8.2	<i>11.5</i>	51	1.2	1970
Arctoa	1.205	11	17.2	54.8	11.1	1992
Turczaninowia	1.074	5.4	<i>11.8</i>	51.8	3.2	1998

*Примечание: приводится ИФ с учетом переводной версии (если у журнала она существует); показатели большие, чем у ДОСиГИК, выделены полужирным шрифтом, а меньшие – курсивом.

Note: the IF is given taking into account the translated version (if the journal has one); indicators greater than those of EDGCC are highlighted in bold, and smaller ones are in italics.

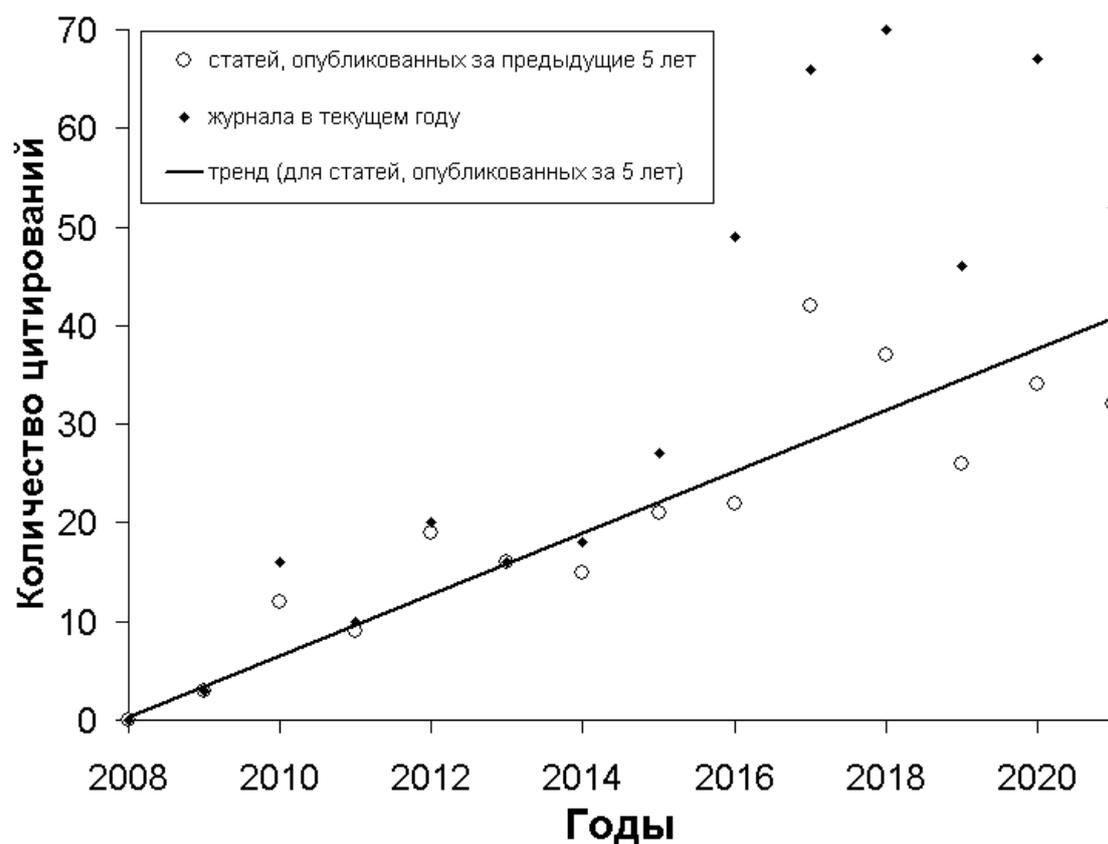


Рис. 2. Динамика цитирования статей ДОСигИК (по данным eLibrary на 15.09.2023).

Fig. 2. Dynamics of citation of EDGCC articles (according to eLibrary data: 15 Sept. 2023).

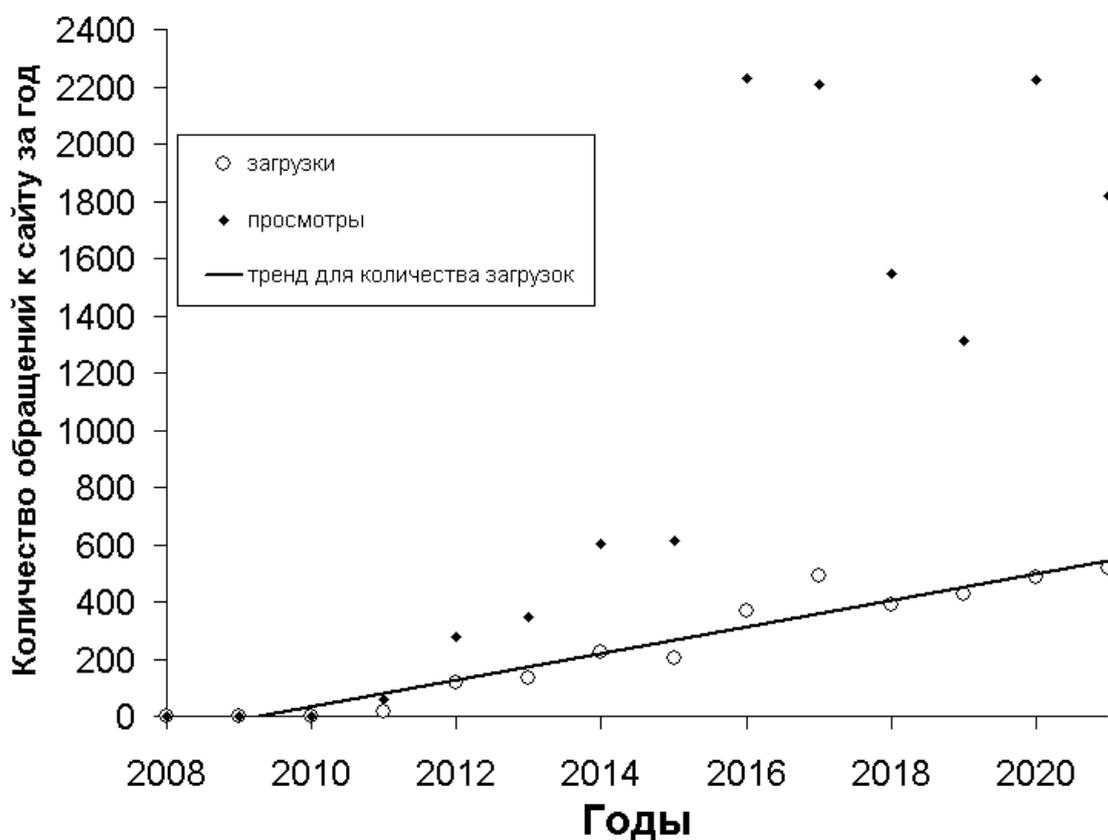


Рис. 3. Динамика обращения к странице ДОСигИК в eLibrary (по данным eLibrary на 15.09.2023).

Fig. 3. Dynamics of access to the EDGCC page in eLibrary (according to eLibrary data: 15 Sept. 2023).

Очевидно, что достигнутый на сегодняшний день уровень журнала определяется современной политикой редакции и без ее изменения вряд ли будет расти. На наш взгляд, краеугольным камнем этой политики, как уже отмечалось выше в разделе «Введение», было то, что ДОСигИК позиционировался в качестве «начальной школы» для молодежи, не стремясь к чему-то большему. Теперь, по прошествии 15 лет, можно констатировать, что эту задачу журнал в общем-то выполнял. Достаточно указать имена таких талантливых молодых ученых, как И.Е. Клепцова, А.Ф. Сабреков, Н.В. Филиппова и др., опубликовавших свои первые статьи в ДОСигИК и... ушедших в большое плавание на страницы известных международных научных журналов. Таким образом, молодежь, в студенческие годы «получив образование» в нашем журнале, впоследствии став научными сотрудниками, свои более поздние высокоцитируемые статьи отдавала в более престижные отечественные и международные журналы (а уровень ДОСигИК по-прежнему определяется первыми статьями новой неопытной молодежи). Почему так происходит? Тут есть несколько причин, но одна лежит на поверхности. При существующей системе оценки труда как научных работников, так и научных организаций, им «не выгодно» публикации в журналах, не входящих в базы данных SCOPUS или Web of Science (обсуждение этого см., например, [Karelin et al., 2020]). Вывод очевиден: конечно, до того, как журналу удастся войти в указанные базы данных (если вообще удастся), пройдет еще много времени, но сейчас *нужно сделать хотя бы первый шаг: войти в перечень ВАК* изданий, в которых могут быть опубликованы основные научные результаты диссертации на соискание ученой степени. Публикации в журналах, входящих в этот список, уже приносят своим авторам (и организациям, в которых они работают) некоторые баллы в рейтинговой системе, функционирующей в России в настоящее время. Таким образом, в публикациях в «Динамике окружающей среды...» будут заинтересованы не только молодые, но и состоявшиеся ученые. Более того, сейчас «мимо кассы» ДОСигИК проходят статьи даже значительной части серьезной научной молодежи – тех, кто уже думает непосредственно о защите диссертации (ведь публикация в данном журнале «не идет в зачет» при защите).

Количество авторов, публикующихся в течение года в «Динамике окружающей среды...» (Рис. 4), все время остается примерно на одном и том же уровне – около 16 чел., причем ежегодная доля новых авторов также примерно постоянна – около 50%. Исключением, чрезвычайно «урожайным» на авторов (и особенно на новых авторов), явился 2016 г., но это было обусловлено выходом в свет специального выпуска ДОСигИК, посвященного докладам и материалам школы-конференции «Биогенные архивы ландшафтных изменений прошлого»).

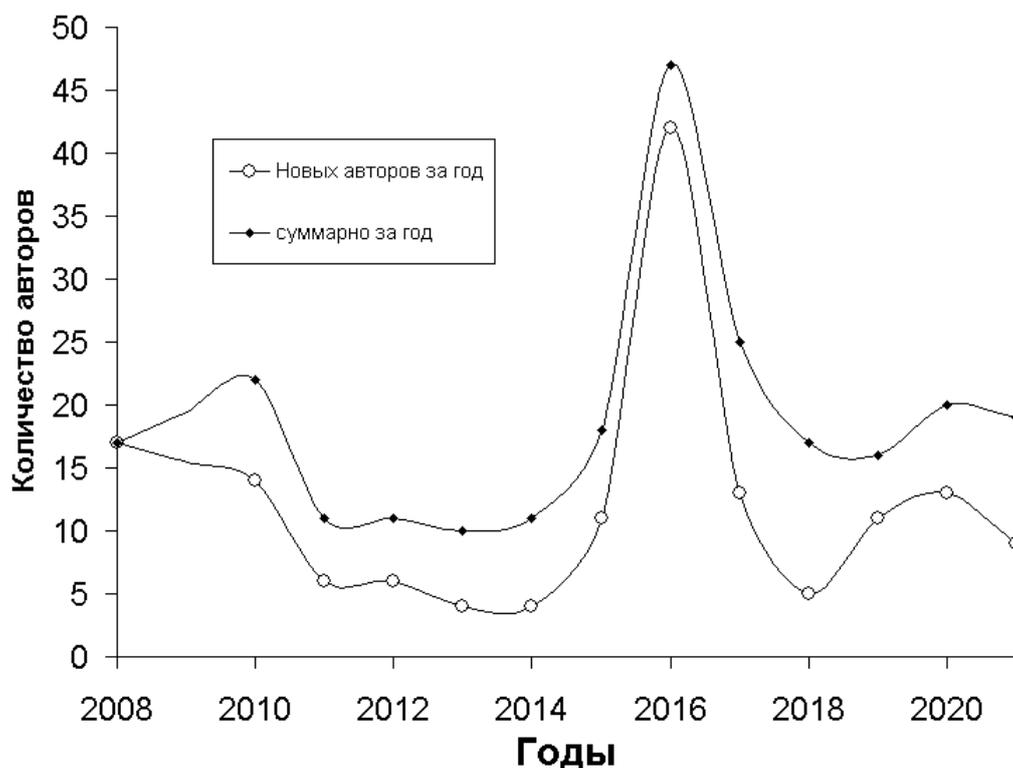


Рис. 4. Динамика количества авторов ДОСигИК (по данным eLibrary на 15.09.2023).

Fig. 4. Dynamics of the number of EDGCC authors (according to eLibrary data: 15 Sept. 2023).

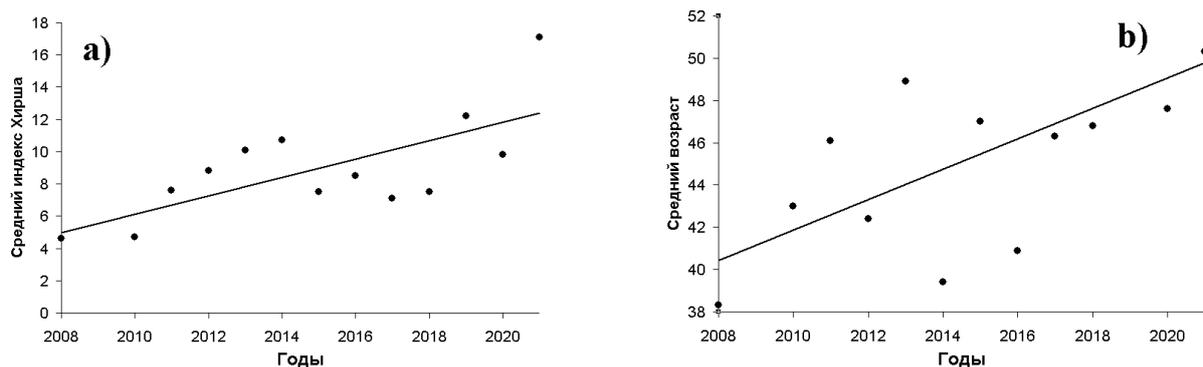


Рис. 5. Некоторые характеристики авторов ДОСиГИК (по данным eLibrary на 15.09.2023).
Fig. 5. Some characteristics of the authors of EDGCC (according to eLibrary data: of 15 Sept. 2023).

Интересно, что средний индекс Хирша (ИХ) авторов имеет явную тенденцию к увеличению с течением времени – см. Рис. 5а, а это, казалось бы, означает, что в ДОСиГИК с каждым годом публикуются все более опытные авторы. В соответствии с этим, в общем-то, находится и возрастание среднего возраста авторов – Рис. 5б (хотя для него тенденция уже не столь явная). Может показаться, что последнее находится в явном противоречии с заявленной выше направленностью журнала на молодых авторов. Но понятно, что традиционно в научных публикациях наряду с молодым автором участвует и его научный руководитель, подчас весьма преклонного возраста. При этом, учитывая, как было отмечено выше, что половина авторов ДОСиГИК не меняется от года к году, становится понятно, что средний возраст половины авторов с каждым годом увеличивается. Если значительная часть другой половины представляет собой молодых авторов, то ее средний возраст можно принять постоянным. На основании этих простых рассуждений можно сделать вывод, что средний возраст авторов должен возрасть за год примерно на 0.5 года. Из Рис. 5б видно, что возрастание шло несколько быстрее, но так и должно быть, поскольку среди новых авторов нет-нет да и оказываются убеленные сединами корифеи.

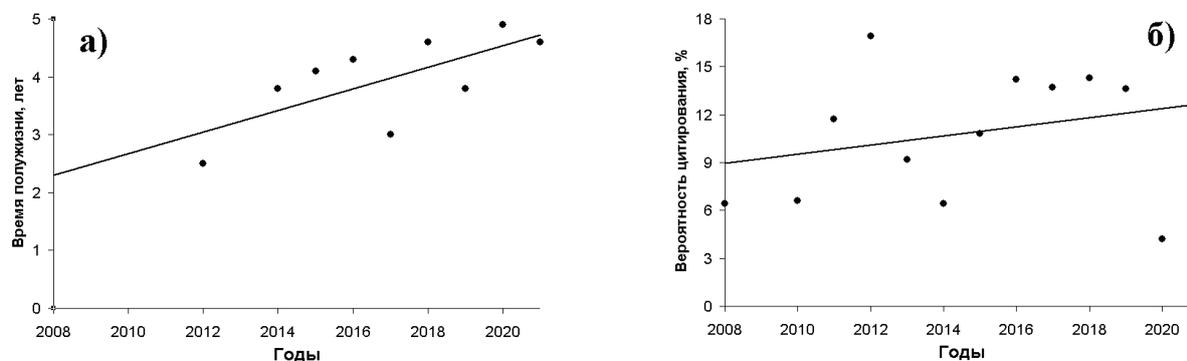


Рис. 6. Некоторые характеристики статей ДОСиГИК (по данным eLibrary на 15.09.2023).
Fig. 6. Some characteristics of EDGCC articles (according to eLibrary data: 15 Sept. 2023).

Безусловно положительной следует признать тенденцию к возрастанию времени полужизни статей журнала ДОСиГИК в течение последних 10 лет (Рис. 6а). При этом может показаться странным, что динамика такого важного параметра, как «вероятность цитирования статьи после прочтения» (ВеЦиПоП) – Рис. 6б, существенно более хаотична. На самом же деле никакого парадокса в этом нет, поскольку время полужизни рассчитывается по цитированиям статьи независимо от того, из какого источника цитируемая статья была получена, а ВеЦиПоП рассчитывается только для статей журнала, прочтенных на eLibrary. Разумеется, статья может быть получена не только на eLibrary, но и из иных источников: на сайте издательства «Эко-Вектор», в сети ResearchGate и др.

Сравнение показателей ДОСиГИК и других научных журналов

Приведенная выше информация – это «наукометрия абсолютная». Но для осознания места ДОСиГИК в современной системе отечественных научных журналов необходимо провести сравнение с их наукометрическими данными. Для сравнения мы выбрали 26 журналов (см. раздел «Методика»). При этом сравнение проводилось только по данным для 2021 г. (поскольку на момент написания статьи данные для 2022 г. еще не были опубликованы на сайте eLibrary).

На момент публикации данной статьи проанализированы показатели для оценки журнала согласно методике библиометрической экспертизы научных журналов [Methodology..., 2017]. По данным РИНЦ, индекс Хирша ДОСиГИК составил 15, что соответствует оценке «высокий уровень»; среднее число цитирований одной статьи – 5.2 (соответствует оценке «средний»); процент процитированных статей – 76.6% (т.е. «высокий»).

К сожалению, одним словом охарактеризовать нынешнее положение ДОСиГИК в общем списке журналов (Табл. 1), отобранных для целей сравнения еще в [Glagolev et al., 2018], невозможно – нельзя сказать, что он лидер, или аутсайдер, или «среднячок». По разным показателям «Динамика окружающей среды...» занимает совершенно разные позиции. Например, по двухлетнему ИФ РИНЦ наш журнал находится на 19 месте из 27. На первый взгляд этот результат не слишком хорош. Однако, как легко заметить, возраст журналов в Табл. 1 весьма сильно различается, причем ДОСиГИК – самый молодой из всех. И если рассматривать только группу «молодые» журналы (под которыми будем понимать журналы, возникшие в то же десятилетие, что и ДОСиГИК, т.е. в период с 1999 по 2008 г. включительно), то наш журнал оказывается на почетном 2-м месте – его немного обгоняет только «Математическая биология и биоинформатика», впрочем, она все же на несколько лет старше.

Время полужизни статей у 20 журналов (74%) оказалось выше, чем для статей ДОСиГИК. Но если рассматривать только группу «молодые журналы», то оно выше лишь у 3 из них, что составляет 43% от журналов этой группы; и получается, что ДОСиГИК находится точно в середине группы. Поскольку наш журнал начал выходить 15 лет назад, то очевидно, что достигнутое значение (4.6 года) действительно отражает характерное время устаревания научного материала, публикуемого в ДОСиГИК, а не является артефактом методики расчета⁹. Если посмотреть в динамике (Рис. 6а), то нельзя не заметить устойчивый рост данного показателя. Но вот с ходу однозначно интерпретировать его (в терминах «плохо»/«хорошо») затруднительно. Тут необходим несколько более подробный анализ.

Согласно определению (которое имеется непосредственно в eLibrary и в [Glagolev et al., 2018]), «время полужизни статей журнала, процитированных в текущем году» (ВПоС) для некоторого года, отражает то, что половина ссылок на журнал, сделанных в этом году, идет на статьи моложе данного возраста, а другая половина – на статьи старше. Получается, что большие величины ВПоС отражают тот факт, что половина ссылок идет на старые статьи. А это может говорить о том, что качество журнала упало. И тут важны конкретные численные значения. Тот факт, что у ДОСиГИК ВПоС = 4.6 г., сам по себе ни о чем не говорит. Но добавим сюда еще один факт: по данным eLibrary, всего в 2021 году статьи «Динамики окружающей среды...» были процитированы 71 раз из 53 публикаций (т.е. в среднем 1.34 цитирования в каждой цитирующей статье). За 4.6 г. было опубликовано 59 статей (которые мы будем называть «молодыми»). А предшествующих им «старых» статей было опубликовано 124. Следовательно, на каждую «молодую» статью приходится $35.5/59 \approx 0.60$ ссылки, а на «старую» – только лишь $35.5/124 \approx 0.29$ ссылки. Таким образом, нельзя сказать, что при ВПоС = 4.6 г. качество журнала упало¹⁰.

⁹ Правомерность использования этого показателя у некоторых исследователей вообще вызывает сомнение. Ведь он может зависеть от возраста журнала, но раз так, то сравнивать журналы по этому показателю нельзя, если в выборке оказываются разновозрастные журналы. Однако, если ВПоС существенно меньше того срока, в течение которого издается журнал, то зависимость от возраста исчезает, и разновозрастность журналов на анализе не сказывается. На практике обычно реализуется именно такая ситуация.

¹⁰ Казалось бы, оно возросло – ведь каждая «молодая» статья в среднем получает ссылок в 2 раза больше, чем старая. К сожалению, вывод о возрастании качества журнала сделать тоже нельзя – из-за того, что существует некоторая «мода» на цитирование более новых статей. Часто журналы поощряют своих авторов цитировать статьи, опубликованные за последние 5 лет, ставя определенные нормативы – какую долю должны составлять такие статьи от общего числа процитированных автором статей. В этих условиях статья, написанная, скажем, 3 г. назад, будет цитироваться чаще, чем статья по тому же вопросу и такая же по качеству, но написанная, например, 13 лет назад. Разумеется, в ДОСиГИК никаких подобных «нормативов» нет, но ведь ссылки на статьи данного журнала идут не только из его же статей.

По среднему ИХ авторов ДОСигИК стоит на втором месте среди всех проанализированных журналов (и на 1-м среди «молодых» журналов). Казалось бы, это не может не радовать, но... Одна «ложка дегтя в бочку» этого достижения уже была добавлена в [Glagolev et al., 2018] (см. там разд. «Сравнение показателей ДОСигИК и других научных журналов»). Теперь пришло время добавить и вторую: если считать, что ИХ напрямую связан с опытом авторов, с объемом их научных достижений, то почему же тогда (при очень высоком среднем ИХ авторов) импакт-фактор ДОСигИК и его ВеЦиПоП не слишком высоки? Т.е., иначе говоря, раз в ДОСигИК публикуются такие выдающиеся авторы, то почему статьи не слишком выдающиеся? Не по тому ли, что эти авторы свои лучшие статьи публикуют в иных журналах?

Наконец, рассмотрим последний (но, пожалуй, один из важнейших!) показатель – «Вероятность цитирования статьи после прочтения». По этому показателю ДОСигИК обгоняет почти все проанализированные журналы и находится на почетном 3-м месте. Однако и в этой «бочке меда» можно найти изрядную «ложку дегтя»: ведь цитируются далеко не все статьи; ВеЦиПоП – это очередная «средняя температура по больнице». Но какая польза автору нецитируемой статьи от того, что статьи другого автора активно цитируются? Поэтому будет полезно попытаться проанализировать, какие конкретно статьи (и почему) привлекли наибольший интерес.

Таблица 2. Статьи, получившие наибольшее количество ссылок.

Table 2. Articles that have received the most citations.

<i>Место</i>	N_1^{**}	N_2^{**}	N_3^{**}	<i>Название</i>	<i>Тип*</i>	<i>Авторы</i>
1	30	7	2.0	Эмиссия метана: идеология и методология «стандартной модели» для Западной Сибири	Т	[Glagolev, 2008]
2	24	20	1.8	Аннотированный список литературных источников по результатам измерений потоков CH_4 и CO_2 из болот России	Т	[Glagolev, 2010]
3	21	15	2.3	Ответ А.В. Смагину: II. Углеродный баланс России	Д	[Glagolev, Sabrekov, 2014]
	21	9	1.9	О значениях эмиссии метана из осушительных каналов	Э	[Sirin et al., 2012]
	21	5	1.6	К методу «обратной задачи» для определения поверхностной плотности потока газа из почвы	Т	[Glagolev, 2010]
4	19	19	1.6	Глобальные изменения климата: «метановая бомба» – наукообразный миф или потенциальный сценарий?	Т	[Zhiliba et al., 2011]
5	18	17	1.6	Анализ чувствительности модели	Т	[Glagolev, 2012]
	18	2	1.4	Эмиссия метана из рямов и гряд средней тайги Западной Сибири	Э	[Kleptsova et al., 2010]
6	17	15	1.7	Продукционно-деструкционные процессы в болотных экосистемах Васюганья	Э	[Mironycheva-Tokareva et al., 2013]
7	16	10	2.0	Маршрутные исследования макромицетов в окрестностях стационара Мухрино ЮГУ (Западная Сибирь)	Э	[Filippova et al., 2015]

Примечания.

*По типу рецензируемые статьи (в терминологии eLibrary – «научные статьи») делятся на «теоретические» (Т) и «экспериментальные» (Э). Статья, поданная в раздел «Дискуссии» (Д), по просьбе авторов также рецензировалась в обычном порядке.

** N_1 – количество ссылок, N_2 – количество независимых ссылок, N_3 – скорость получения ссылок (рассчитана как общее количество ссылок на статью, деленное на время, за которое эти ссылки получены).

Notes.

*By type, peer-reviewed articles (in eLibrary terminology – “scientific articles”) are divided into “theoretical” (T) and “experimental” (Э). The article submitted to the “Discussions” (Д) section was also peer-reviewed in the usual manner at the request of the authors.

** N_1 – number of citations, N_2 – number of independent citations, N_3 – total number of citations of an article divided by the time it took to acquire those citations.

Какие статьи получили наибольший отклик?

Разумеется, встает вопрос: как оценить этот интерес к работам? Представляется естественным использовать тот же подход, что и в предыдущей статье о нашем журнале [Glagolev et al., 2018]: учитывать количество ссылок на ту или иную статью. Если несколько статей получили одно и то же количество ссылок, то они оказываются на одном месте в рейтинге.

В Табл. 2 приведены 10 статей-лидеров. Из них 8 оказались принадлежащими авторам, входящим в одну научную школу. Это неудивительно, если вспомнить, что журнал вырос из «Сборника научных трудов кафедры ЮНЕСКО Югорского государственного университета», а упомянутая научная школа как раз и представляет эту кафедру. Из публикаций, авторы которых не входят в данную школу, обратим внимание на статью А.И. Жилибы и др. [Zhiliba et al., 2011], занявшую 4-е место (19 ссылок). Мы уже отмечали ее в анализе 2018 года [Glagolev et al., 2018], и за прошедшие 5 лет данная работа не потеряла своей актуальности, более того, она поднялась с 5-го на 4-е место.

Однако кроме общего числа ссылок будет интересно учесть и количество «независимых» ссылок. Для некоторой статьи А «независимой» будем считать ссылку, полученную из статьи Б, среди авторов которой не было авторов статьи А. Эта информация показана во втором столбце Табл. 2. Как можно заметить, значения существенно отличаются. Мы составили Табл. 3 для статей-лидеров с учетом только «независимых» ссылок. Наибольшее число ссылок получают статьи общего характера (1 и 2) – обзорные по широкой тематике. Это вполне закономерно. Чем более широкий охват, тематика статьи, тем большее число читателей (потенциальных авторов) сможет в дальнейшем использовать и цитировать эту работу. Относительно большое количество ссылок могут получить работы, раскрывающие метод, который может быть использован для решения широкого спектра задач (3-е, 5-е и 6-е места). Следует отметить, что среди лидеров оказалась и дискуссионная статья (4-е место).

Таблица 3. Статьи*, получившие наибольшее количество независимых ссылок.

Table 3. Articles* that have received the highest number of independent citations.

Место	N_2	N_3	Название	Тип	Авторы
1	20	1.5	Аннотированный список литературных источников по результатам измерений потоков CH_4 и CO_2 из болот России	Т	[Glagolev, 2010]
2	19	1.6	Глобальные изменения климата: «метановая бомба» – наукообразный миф или потенциальный сценарий?	Т	[Zhiliba et al., 2011]
3	17	1.5	Анализ чувствительности модели	Т	[Glagolev, 2012]
4	15	1.7	Ответ А.В. Смагину: II. Углеродный баланс России	Д	[Glagolev, Sabrekov, 2014]
	15	1.5	Продукционно-деструкционные процессы в болотных экосистемах Васюганья	Э	[Mironycheva-Tokareva et al., 2013]
5	11	0.8	Анализ временных рядов осадков Обь-Иртышского междуречья в XX-начале XXI вв.	Э	[Litvinova et al., 2010]
	11	0.8	Способы оценки пространственно-временных колебаний стока (на примере бассейна Верхней Оби)	Э	[Goroshko, 2010]
6	10	1.2	Маршрутные исследования макромицетов в окрестностях стационара Мухрино ЮГУ (Западная Сибирь)	Э	[Filippova et al., 2015]
	10	0.7	О восстановлении плотности вероятности методом гистограмм в почвоведении и экологии	Т	[Glagolev, Sabrekov, 2008]
7	9	0.8	О значениях эмиссии метана из осушительных каналов	Э	[Sirin et al., 2012]

*Примечание: см. Примечание к Табл. 2.

*Note: see note to Table 2.

Отметим, что значительную долю статей-лидеров составляют теоретические статьи: 50% и 40% среди статей, получивших соответственно наибольшее количество ссылок и наибольшее количество независимых ссылок. Доля дискуссионных статей при этом равна 10%. Любопытно проследить за изменениями для статей-лидеров за прошедшие 5 лет. За этот недолгий срок сменились лидеры на 41.7% и 61.5% среди, соответственно, статей, получивших наибольшее количество ссылок и наибольшее количество независимых ссылок. При этом первые места по общему числу ссылок

сохраняются за «старыми» статьями. Любопытен и тот факт, что среди пришедших на смену «новых» статей-лидеров доля экспериментальных статей составляет 40% и 50% соответственно.

Согласно вышесказанному, можно сделать вывод относительно предположений, высказанных в [Glagolev et al., 2018], а именно «количество теоретических статей хорошо бы увеличить, ибо именно они создают, так сказать, славу журнала», и «необходимо повышать качество "экспериментальных" статей». Исходя из текущей тенденции очевидно, что теоретические работы показали большое «время жизни» на страницах журнала, и, следовательно, наше предположение в этом смысле было верным. Удалось ли повысить качество «экспериментальных» статей? Судя по появлению достаточно большого количества новых, хорошо цитируемых работ, предпринятые в этом направлении усилия не прошли даром.

Отдельно хотелось бы отметить статьи, подаваемые в раздел «Дискуссии». Часть авторов просит прорецензировать статьи, подаваемые в этот раздел. Мы всегда стараемся в этом идти им навстречу, и, как показывает наш анализ, в разделе «Дискуссии» могут попадать крайне интересные читателям работы.

Таблица 4. Наиболее часто просматриваемые статьи* (по данным сайта журнала ДОСиГИК: <https://journals.eco-vector.com/EDGCC/issue/archive>; дата обращения: 15.09.2023).

Table 4. The most frequently viewed articles* (according to the EDGCC journal website: <https://journals.eco-vector.com/EDGCC/issue/archive>; access date: 15 Sept. 2023).

Место	Количество просмотров		Название статьи	Тип	Авторы
	полного текста	аннотации			
1	1552	1491	Типы болотных микроландшафтов озерно-болотных систем Среднего Приобья	Э	[Filippov, Lapshina, 2008]
2	1414	1188	Способы оценки пространственно-временных колебаний стока (на примере бассейна Верхней Оби)	Т	[Goroshko, 2010]
3	1238	2130	Anaerobic methane oxidation by nitrate: kinetic isotope effect	Т	[Vavilin, 2019]
4	1177	1871	К биологии и экологии <i>Sarcosoma globosum</i> в условиях средней тайги Западной Сибири	Э	[Zvyagina, 2015]
5	1107	3151	Информатика биоразнообразия: мировые тенденции, состояние дел в России и развитие направления в Ханты-Мансийском автономном округе	Т	[Filippova et al., 2017]
6	1035	1337	К методу «обратной задачи» для определения поверхностной плотности потока газа из почвы	Э	[Glagolev, 2010]
7	990	1573	Групповой химический состав органического вещества торфа среднетаежной зоны Западной Сибири на примере болотного массива «Мухрино»	Э	[Latysh, 2017]
8	972	4723	История микологических исследований в Ханты-Мансийском автономном округе: 2) изучение макромицетов, лишайников и миксомицетов, состояние коллекций и региональная база находок видов	Т	[Filippova et al., 2017]
9	953	4468	История микологических исследований в Ханты-Мансийском автономном округе: 1) период разрозненных исследований, изучение сообществ ксилотрофных базидиомицетов и фитопатология	Т	[Filippova et al., 2017]
10	949	1526	On some physical and chemical properties of soils of sandy outcrops of the West Siberian northern regions	Э	[Kapitonova et al., 2019]

*Примечание: см. Примечание к Табл. 2.

*Note: see note to Table 2.

Конечно, количество ссылок не является идеальным критерием, показывающим отклик читателей. Причины и проблемы, связанные с получением ссылок, для статей хорошо известны и не раз описывались. Мы подробно о них говорили в предыдущем анализе [Glagolev et al., 2018], поэтому здесь не станем повторяться. В современном мире чтение работ чаще происходит не в читальных залах библиотек и не дома с приобретенным выпуском журнала, а через Интернет на электронных ресурсах. Цифровой век всё больше вступает в свои права, и наш журнал, идя в ногу со временем, также полностью перешёл на электронный формат. Благодаря этому число просмотров статей на

сайте становится более значимым, чем раньше. Конечно, сохраняется возможность, что статья первоначально привлекла внимание лишь благодаря интригующему названию или громкому имени автора. Для этого мы ввели два критерия: «количество просмотров аннотации» и «количество просмотров полного текста». С одной стороны, это позволит лучше понять, соответствует ли статья ожиданиям читателя (или же громкое название всего лишь рекламный ход), а с другой – позволит оценить уровень аннотации: возникает ли после её прочтения желание ознакомиться со всей статьёй. В Табл. 4 перечислены 10 статей-лидеров¹¹ за всё время существования журнала. Среди них 60% – это статьи, вышедшие после 2017 года. Любопытен следующий феномен: большое количество просмотров может быть запоздалым эффектом от большого цитирования работы. Так, например, статья «Способы оценки пространственно-временных колебаний стока (на примере бассейна Верхней Оби)» [Goroshko, 2010] не имела много просмотров и не попала в таблицу лидеров, но уже имела существенное количество «независимых» ссылок, занимая второе место. Теперь же по количеству «независимых» ссылок она занимает 5-е место, но при этом занимает 2-е место среди просматриваемых статей. Это вполне логично, ведь читатель может пожелать ознакомиться с источниками, на которые ссылаются в работах, что, конечно, приведет к увеличению просмотров статьи. Таким образом, увеличение количества просмотров может быть свидетельством сохранения интереса у читателей к работам даже при условии, что цитирование статьи может существенно не измениться.

Таблица 5. Скорость получения ссылок* наиболее часто просматриваемыми статьями, отмеченными в [Glagolev et al., 2018: Табл. 4].

Table 5. Calculation of the speed of obtaining citations* to the most frequently viewed articles noted in Table 4 in the work [Glagolev et al., 2018].

Место	N_2	N_3	Название	Тип	Авторы
1	354	1.8	Информатика биоразнообразия: мировые тенденции, состояние дел в России и развитие направления в Ханты-Мансийском автономном округе	Т	[Filippova et al., 2017]
2	269	2.3	Ответ А.В. Смагину: II. Углеродный баланс России	Д	[Glagolev, Sabrekov, 2014]
3	245	1.9	Аннотированный список литературных источников по результатам измерений потоков CH_4 и CO_2 из болот России	Т	[Glagolev, 2010]
4	220	1.1	История микологических исследований в Ханты-Мансийском автономном округе: 2) изучение макромицетов, лишайников и миксомицетов, состояние коллекций и региональная база находок видов	Т	[Filippova et al., 2017]
5	187	1.1	Физические, химические и биохимические свойства сфагновых и осоковых торфов Западной Сибири	Э	[Szajdak et al., 2016]
6	179	0.6	Фитолиты видов некоторых родов семейства <i>Cyperaceae</i>	Э	[Bobrov et al., 2016]
7	169	0.7	Модель гумификации и минерализации органических веществ в почве и ее использование для расчета составляющих углеродного баланса болотных экосистем	Т	[Zinchenko, 2017]
8	156	0.7	Моделирование динамики концентрации грибного аэрозоля в приземном слое атмосферы	Т	[Glagolev et al., 2016]
9	149	1.1	Динамика фитомассы и продукции мезотрофного болота в ходе повторного заболачивания после мелиорации в Приамурье	Э	[Kopoteva, Kuptsova, 2016]
10	147	0.2	Holocene history of the environment and development of bogs on the eastern slope of the Polar and Pre-Polar Urals	Э	[Panova et al., 2010]

*Примечание: см. Примечание к Табл. 2.

*Note: see note to Table 2.

Здесь было бы интересно проследить судьбу статей, которые ранее были выявлены как наиболее просматриваемые статьи (в [Glagolev et al., 2018] было выделено 10 таких статей) – стали ли они высокоцитируемыми или нет? Проанализируем скорость получения ими ссылок за прошедшие годы (Табл. 5). Конечно, пока наиболее просматриваемые статьи не могут сравниться с тем

¹¹ Количество просмотров статей на страницах ДОСиГИК на сайтах издательства и eLibrary сильно различаются (например, в 2023 г. доля просмотров на eLibrary от числа просмотров на сайте издательства составляла меньше 10%: от 1.3% для [Martynova et al., 2023] до 9.0% для [Lapshina, Zarov, 2023]).

количеством ссылок, которое есть у более ранних статей (см. Табл. 2 и 3). Однако часть этих статей обладает очень хорошей скоростью получения новых ссылок, что вполне соответствует этому показателю у статей-лидеров. Вообще, коэффициент корреляции между количеством просмотров и скоростью получения ссылок составляет 0.792, что свидетельствует о довольно тесной связи между этими параметрами. Таким образом, оценка интереса читателей к относительно недавно опубликованным статьям, очевидно, будет более полной при учете не только текущего количества ссылок на них, но и количества просмотров на сайте журнала. Точнее говоря, поскольку статьи, опубликованные, скажем, 1 и 2 года назад имели существенно разное время для того, чтобы читатели познакомились с ними, вероятно, для недавно опубликованных статей более важным показателем (по сравнению с количеством просмотров) будет «скорость получения просмотров», т.е. отношение количества просмотров к тому времени, в течение которого они осуществлялись. В Табл. 6 мы привели такую информацию по статьям, занявшим первые 10 мест (по скорости получения просмотров полного текста), опубликованным в 2018-2022 гг., т.е. уже после анализа, проведенного в [Glagolev et al., 2018]. Среди этих статей в раздел «теоретические статьи» поданы 50% от общего числа статей, в раздел «экспериментальные статьи» – 40% и 10% в раздел «хроники».

Таблица 6. Скорость получения просмотров некоторыми статьями, опубликованными в 2018-2022 гг.
Table 6. Article views rate 2018-2022.

Место	Скорость получения просмотров		Название	Тип ^{a)}	Авторы
	полного текста ^{b)}	аннотации ^{c)}			
1	309.5	532.5	Anaerobic methane oxidation by nitrate: kinetic isotope effect	T	[Vavilin, 2019]
2	266.3	458.3	Systems approach to the study of microbial methanogenesis in West-Siberian wetlands	T	[Kotsyurbenko et al., 2020]
3	255.7	607.0	The reaction of the environment to climate change in the Northern latitudes (on the example of the taiga zone of the Khanty-Mansiysk Autonomous Okrug – Yugra)	Э	[Kuznetsova, 2020]
4	252.7	481.7	Annual range of temperature and precipitation forecast for Altai-Sayan mountain country	T	[Kirsta, Lovtskaya, 2020]
5	237.3	381.5	On some physical and chemical properties of soils of sandy outcrops of the West Siberian northern regions	Э	[Kapitonova et al., 2019]
6	236.0	608.0	Application of the automated chamber method for longterm measurements CO ₂ and CH ₄ fluxes from wetland ecosystems of the West Siberia	Э	[Davydov et al., 2021]
7	235.7	272.0	On the possibility of long-term forecasting of seasonal hydrometeorological phenomena	T	[Alimpieva, Morozova, 2020]
8	231.0	448.7	Land cover features of the pool of river Polia of the eastern slope of the Subpolar Ural	Э	[Bolshaniik, Kuznetsova, 2020]
9	226.3	279.3	Transformation of the relief of territories of development of gas mining deposits of the Taza peninsula	T	[Bolshaniik, Mukhamedyanov, 2019]
10	218.0	909.0	The Blue Earth Project: “Is Humanity Settling its own Fate on Ecological Survival?”	X	[Jheeta et al., 2022]

Примечание:

^{a)} По типу рецензируемые статьи (в терминологии eLibrary – «научные статьи») делятся на теоретические (Т) и «экспериментальные» (Э); статьи в разделе «Хроника» (Х) не рецензируются.

^{b)} «Скорость просмотров полного текста» рассчитана как общее количество просмотров полного текста статьи, деленное на количество лет, за которое эти просмотры получены.

^{c)} «Скорость просмотров аннотации» рассчитана как общее количество просмотров аннотации статьи, деленное на количество лет, за которое эти просмотры получены.

Note:

^{a)} By type, peer-reviewed articles (in eLibrary terminology – “research articles”) are divided into theoretical (T) and “experimental” (Э); articles in the “Chronicle” (X) section are not peer-reviewed.

^{b)} “Full-text view rate” is calculated as the total number of full-text views of an article divided by the number of years over which these views were received.

^{c)} “Abstract view rate” is calculated as the total number of abstract views of an article divided by the number of years over which these views were received.

Уровень редакционной коллегии ДОСиГИК

На Рис. 7 приведена оценка показателей публикационной активности членов редакционной коллегии журнала ДОСиГИК. В использованной методике¹² [Methodology..., 2017; Mazov, Gureev, 2018] выделяются пять групп публикационной активности: высокая активность, если индекс Хирша ≥ 15 ; хорошая – если индекс Хирша находится в интервале от 8 до 14; средняя – если индекс Хирша от 4 до 7; слабая – если индекс Хирша 1-3, а при нулевом индексе активность считается вообще отсутствующей. Расчет проводился на основе данных о публикационной активности членов редколлегии, отраженной в РИНЦ, SCOPUS и WoS. Из Рис. 7 видно, что более 70% членов редколлегии имеют высокую активность (по данным РИНЦ), а более 40% – даже по данным SCOPUS и WoS. Более того, в редколлегии вообще не оказалось членов со средней или хотя бы слабой активностью (по данным РИНЦ), и лишь незначительная доля таковых – по данным более «строгих» библиографических систем (соответственно, менее четверти – по данным SCOPUS и менее трети – по WoS).

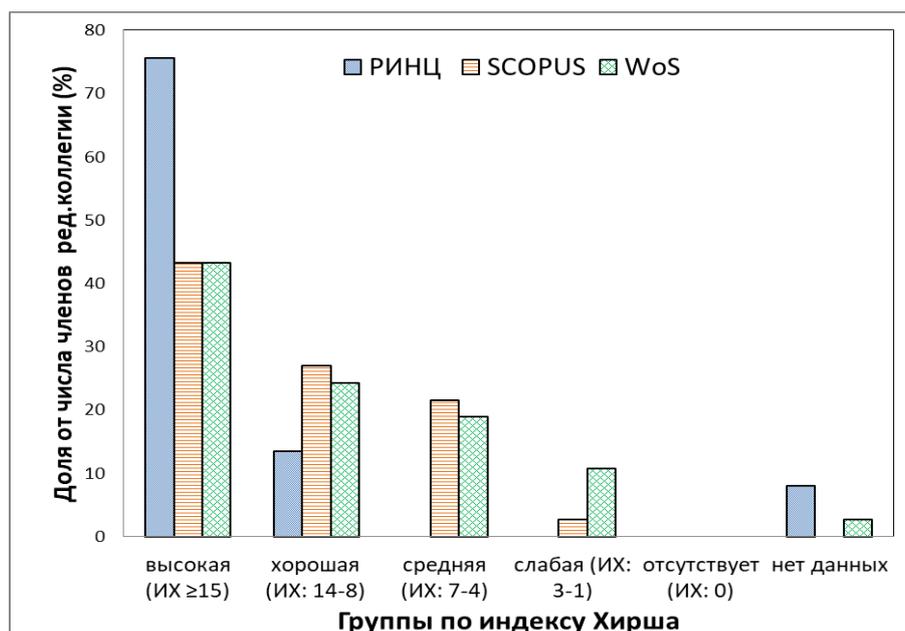


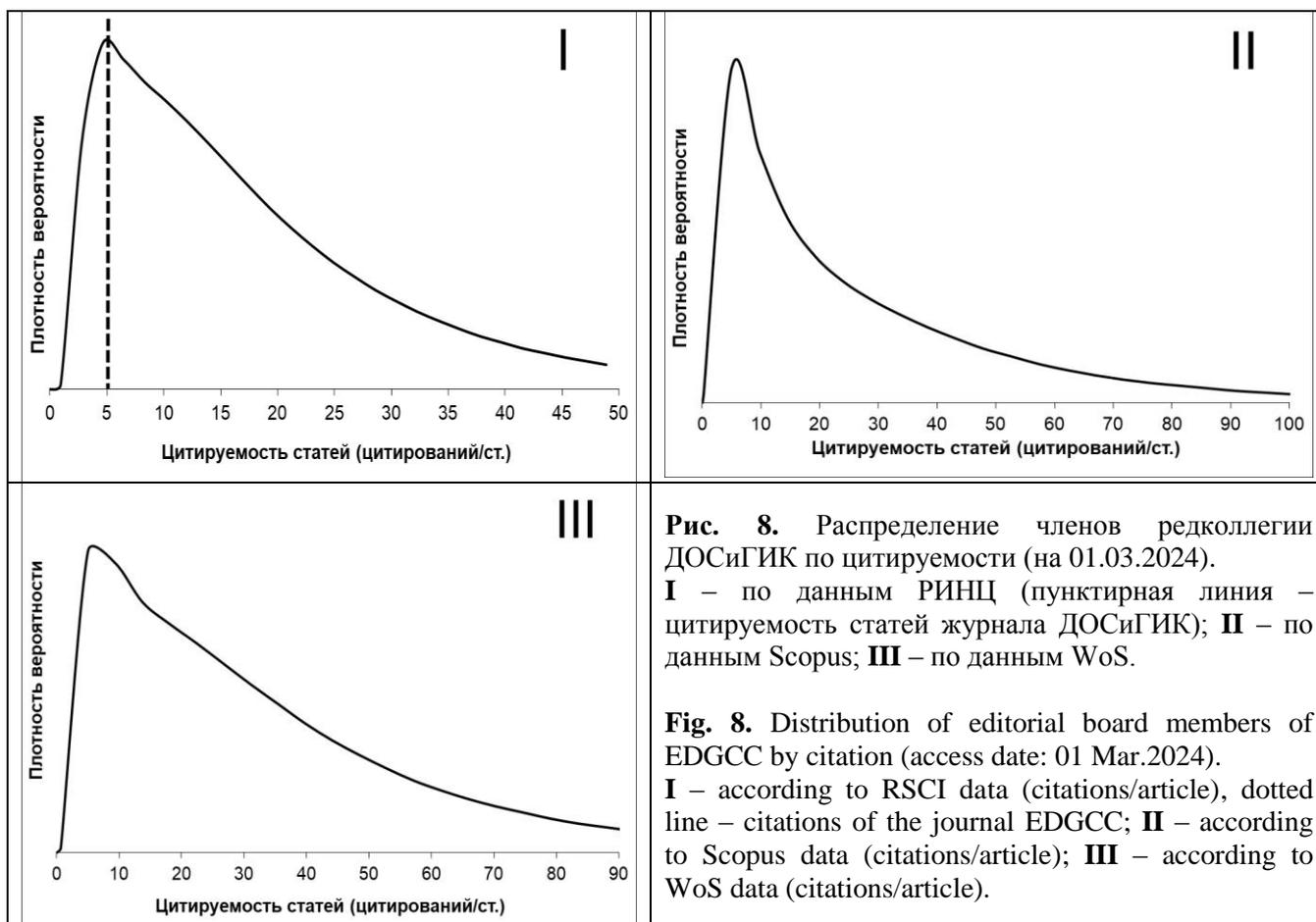
Рис. 7. Оценка показателей публикационной активности членов редакционной коллегии журнала ДОСиГИК за весь период их научной деятельности (по данным eLibrary, Scopus, WoS на 01.03.2024).
Fig. 7. Assessment of the publication activity indicators of the members of the editorial board of the journal EDGCC for the entire period of scientific activity (according to eLibrary, Scopus, Web of Science Core Collection; access date: 01 Mar.2024).

Однако, на наш взгляд, данная методика далеко не безупречна. Прежде всего, если под публикационной активностью понимать то, насколько активно публикуется тот или иной автор, то индекс Хирша, строго говоря, ее не характеризует и потому не может называться «показателем публикационной активности». Публикационная *активность*, очевидно, должна характеризоваться количеством работ, опубликованных за единицу времени. Но более глубокий вопрос состоит в следующем: важна ли для члена редколлегии публикационная активность или что-то иное (например, индекс Хирша)? Ничтожность публикационной активности и индекса Хирша в этом случае, на наш взгляд, легко иллюстрируется следующим примером. Предположим, член Y работала 10 лет и опубликовала 100 статей, цитируемость которых была такова, что индекс Хирша = 3. А член X работал 1 год, опубликовал 2 статьи, и его индекс Хирша = 2. Публикационная активность, очевидно, выше у Y ($100/10 = 10$ публикаций/г. $> 2/1 = 2$ публикаций/г.). И индекс Хирша выше у Y. Но представляется очевидным, что X – более «крутой» ученый (и, что, по-видимому, наиболее важно для члена редколлегии, он лучше умеет писать статьи – ведь на то, чтобы заработать почти такой же индекс Хирша, как у Y, он потратил в 10 раз меньше времени). Вероятно, уровень членов редколлегии можно было бы характеризовать не индексом Хирша, а скоростью его возрастания, если бы... Если бы индекс Хирша не был слишком «грубой» величиной. Например, у двух ученых,

¹² Уровень редакционной коллегии с использованием данного подхода оценен по совету одного из анонимных рецензентов.

опубликовавших, скажем, по 3 статьи каждый, но имеющих на них соответственно 4, 3, 2 ссылки – у 1-го ученого и 33, 3, 2 ссылки – у 2-го, индекс Хирша будет одинаковым (равным 2), хотя, очевидно, успехи 2-го исследователя существенно больше, чем 1-го. Итак, в соответствии с каким же критерием мы предлагаем анализировать авторитетность членов редколлегии? Из числа наиболее простых критериев, на наш взгляд, это может быть среднее количество ссылок, приходящихся на 1 публикацию данного исследователя. Чем выше этот показатель, тем выше качество статьи, и если он превышает аналогичный показатель для журнала, то, следовательно, данный член редколлегии умеет писать статьи лучше, чем средний автор данного журнала. В этом случае можно надеяться, что своими ценными советами такой член редколлегии с большой вероятностью может способствовать улучшению качества статей журнала.

Как видно из Рис. 8, цитируемость членов редколлегии ДОСиГИК находится в достаточно широких пределах, причем у значительной их части она весьма высока (многие десятки ссылок на статью). Более 80% членов редколлегии имеют такую же или большую (иногда существенно большую – в 2-3 раза) цитируемость, чем средняя статья журнала ДОСиГИК.



ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Приведены статистические (наукометрические) данные публикационной активности журнала ДОСиГИК. Кроме того, сделана попытка проанализировать, какие материалы оказались наиболее полезны читателям. В дополнение к ранее вышедшему обзору (за 10 лет) проведена оценка работы журнала за последние пять лет. Отмечены изменения в формате издания журнала (переход только к электронной публикации статей) и то, как эти изменения сказываются на статистических данных. Выделены статьи, вызывавшие наибольший отклик у читателя (по количеству просмотров на сайте и цитированию). Наибольшую скорость получения ссылок продемонстрировала статья, опубликованная в разделе «Дискуссии», а наибольшее количество просмотров аннотации за последние пять лет – статья в разделе «Хроника». Отметим, что значительную долю статей-лидеров, получивших ссылки, составляют теоретические статьи: 50% и 40% среди статей, получивших

соответственно наибольшее количество ссылок и наибольшее количество независимых ссылок. Для этих «лидеров» среднее число ссылок на теоретические работы составляет 22, на экспериментальные статьи – 18. На основании этого сделан вывод о том, что наибольший интерес представляют теоретические работы, чуть меньший – экспериментальные. Следовательно, при формировании выпуска журнала редакции следует выбирать статьи разного типа, но, возможно, с некоторым приоритетом в сторону теоретических работ.

Двухлетний ИФ журнала за последние пять лет сохраняется примерно на одном уровне, достигнув хорошего показателя в сравнении с другими журналами сходной тематики (выборка объемом 27 журналов из числа тех, в которых публикуются наши постоянные авторы). Число авторов ДОСиГИК существенно не меняется: за год в ДОСиГИК публикуется около 16 человек, причем ежегодная доля новых авторов также примерно постоянна – около 50%. Средний ИХ авторов ДОСиГИК с течением времени имеет тенденцию к увеличению. По показателю «Вероятность цитирования статьи после прочтения» журнал оказался на третьем месте среди журналов рассматриваемой выборки. Стабильность показателей подчеркивает то, что у журнала сформировалась группа авторов и, по-видимому, читателей. Переход в электронный формат не вызвал существенных изменений (за краткосрочный период) в цитировании статей. Ожидаемо увеличилось количество просмотров статей на сайте. Можно предположить, что на прочтение и цитирование работ в значительной степени будет влиять доступность материалов на сайте, что следует учитывать при дальнейшем планировании работы журнала.

БЛАГОДАРНОСТЬ

Авторы выражают благодарность ректору ЮГУ к.б.н Р.В. Кучину за всемерную поддержку журнала «Динамика окружающей среды и глобальные изменения климата», проректору по научной работе д.ю.н. В.Ф. Лапшину, который активно включился в работу по продвижению журнала в научных и информационных ресурсах и базах данных, а также директору Научной библиотеки ЮГУ И.Е. Кузнецовой и заведующей Единой редакцией научных журналов ЮГУ П.С. Шаровой за неоценимую помощь в оформлении организационно-технологических документов и обеспечении выпуска журнала. Особую благодарность мы хотели бы выразить главному редактору журнала д.б.н. Е.Д. Лапшиной, без которой не было бы вообще ничего. И, конечно, мы благодарны нашим рецензентам и редакторам, без которых работа журнала была бы невозможна.

ЛИТЕРАТУРА

- Alimpieva M.A., Morozova S.V. 2020. On the possibility of long-term forecasting of seasonal hydrometeorological phenomena. *Environmental dynamics and global climate change*, 11(2): 73-78 (in Russian). DOI: 10.17816/edgcc19010
- Bobrov A.A., Semenov A.N., Alexeev Y.E. 2016. Phytoliths of species some genera of the family *Cyperaceae*. *Environmental Dynamics and Global Climate Change*, 7(1): 27-33 (in Russian). [Бобров А.А., Семенов А.Н., Алексеев Ю.Е. 2016. Фитолиты видов некоторых родов семейства *Cyperaceae* // Динамика окружающей среды и глобальные изменения климата. Т. 7. № 1. С. 27-33]. DOI: 10.17816/edgcc7127-33
- Bolshaniuk P.V., Kuznetsova S.B. 2020. Land cover features of the pool of river Polia of the eastern slope of the Subpolar Ural. *Environmental Dynamics and Global Climate Change*, 11(1): 4-15 (in Russian). DOI: 10.17816/edgcc21261
- Bolshaniuk P.V., Mukhamedyanov T.I. 2019. Transformation of the relief of territories of development of gas mining deposits of the Taza peninsula. *Environmental Dynamics and Global Climate Change*, 10(1): 16-27 (in Russian). DOI: 10.17816/edgcc10454
- Davydov D.K., Dyachkova A.V., Krasnov O.A., Simonenkov D.V., Fofonov A.V., Maksyutov S.S. 2021. Application of the automated chamber method for long-term measurements CO₂ and CH₄ fluxes from wetland ecosystems of the West Siberia. *Environmental dynamics and global climate change*, 12(1): 5-14 (in Russian). DOI: 10.17816/edgcc48700
- eLIBRARY.RU – Scientific Electronic Library URL: <https://elibrary.ru> (Last accessed 01.03.2024)
- Filippov I.V., Lapshina E.D. 2008. Peatland unit types of lake-bog systems in the middle Priob'ie (Western Siberia). *Environmental Dynamics and Global Climate Change*, 1(1S): 115-124 (in Russian). [Филиппов И.В., Лапшина Е.Д. 2008. Типы болотных микроландшафтов озерно-болотных систем Среднего Приобья // Динамика окружающей среды и глобальные изменения климата. Т. 1. № S1. С. 115-124]. DOI: 10.17816/edgcc11S115-124
- Filippova N.V., Arefyev S.P., Bulyonkova T.M., Zvyagina E.A., Kapitonov V.I., Makarova T.A., Mukhin V.A., Stavishenko I.V., Tavshanzhi E.I., Shiryaev A.G. 2017. The history of mycological studies in Khanty-Mansi autonomous okrug: 2) studies of Macromycetes, Lichens and Mухomycetes, state of mycological collections and fungal records database. *Environmental Dynamics and Global Climate Change*, 8(2): 29-45 (in Russian). [Филиппова Н.В., Арефьев С.П., Бульонкова Т.М., Звягина Е.А., Капитонов В.И., Макарова Т.А., Мухин В.А., Ставищенко И.В., Тавшанжи Е.И., Ширяев А.Г. 2017. История микологических исследований в Ханты-Мансийском автономном округе: 2) изучение макромицетов, лишайников и

- миксомицетов, состоянии коллекций и региональная база находок видов // Динамика окружающей среды и глобальные изменения климата. Т. 8. № 2. С. 29-45]. DOI: 10.17816/edgccc8229-45
- Filippova N.V., Arefyev S.P., Bulyonkova T.M., Zvyagina E.A., Kapitonov V.I., Makarova T.A., Mukhin V.A., Stavishenko I.V., Tavshanzhi E.I., Shiryaev A.G. 2017. The history of mycological studies in Khanty-Mansi autonomous okrug: 1) the period of isolated studies, lignicolous basidiomycetes and phytopathological studies. *Environmental Dynamics and Global Climate Change*, 8(2): 18-28 (in Russian). [Филиппова Н.В., Арефьев С.П., Бульонкова Т.М., Звягина Е.А., Капитонов В.И., Макарова Т.А., Мухин В.А., Ставищенко И.В., Тавшанжи Е.И., Ширяев А.Г. 2017. История микологических исследований в Ханты-Мансийском автономном округе: 1) период разрозненных исследований, изучение сообществ ксилотрофных базидиомицетов и фитопатология // Динамика окружающей среды и глобальные изменения климата. Т. 8. № 2. С. 18-28]. DOI: 10.17816/edgccc8218-28
- Filippova N.V., Bulyonkova T.M., Lapshina E.D. 2015. Fleshy fungi forays in the vicinities of the YSU Mukhrino field station. *Environmental Dynamics and Global Climate Change*, 6(1): 3-31 (in Russian). [Филиппова Н.В., Бульонкова Т.М., Лапшина Е.Д. 2015. Маршрутные исследования макромицетов в окрестностях стационара Мухрино ЮГУ (Западная Сибирь) // Динамика окружающей среды и глобальные изменения климата. Т. 6. № 1. С. 3-31]. DOI: 10.17816/edgccc613-31
- Filippova N.V., Filippov I.V., Schigel D.S., Ivanova N.V., Shashkov M.P. 2017. Biodiversity informatics: global trends, national perspective and regional progress in Khanty-Mansi Autonomous Okrug. *Environmental Dynamics and Global Climate Change*, 8(2): 46-56 (in Russian). [Филиппова Н.В., Филиппов И.В., Щигель Д.С., Иванова Н.В., Шашков М.П. 2017. Информатика биоразнообразия: мировые тенденции, состояние дел в России и развитие направления в Ханты-Мансийском автономном округе // Динамика окружающей среды и глобальные изменения климата. Т. 8. № 2. С. 46-56]. DOI: 10.17816/edgccc8218-28
- Giri R., Das A.K. 2023. The Journal of Scientometric Research: A Statistical Outlook of the First Eleven Volumes of the Journal. *Journal of Scientometric Research*, 13(3): 739-754. DOI: 10.5530/jscires.12.3.070
- Glagolev M.V. 2008. The emission of methane: ideology and methodology of «Standard model» for Western Siberia. *Environmental Dynamics and Global Climate Change*, 1(1S): 176-190 (in Russian). [Глаголев М.В. 2008. Эмиссия метана: идеология и методология «стандартной модели» для Западной Сибири // Динамика окружающей среды и глобальные изменения климата. № S1. С. 176-190.] DOI: 10.17816/edgccc11S176-190
- Glagolev M.V. 2010. Annotated reference list of CH₄ and CO₂ flux measurements from Russia mires. *Environmental Dynamics and Global Climate Change*, 1(2): 1-53 (in Russian). [Глаголев М.В. 2010. Аннотированный список литературных источников по результатам измерений потоков CH₄ и CO₂ из болот России // Динамика окружающей среды и глобальные изменения климата. Т. 1. № 2. С. 3-55]. DOI: 10.17816/edgccc121-
- Glagolev M.V. 2010. Inverse modelling method for the determination of the gas flux from the soil. *Environmental Dynamics and Global Climate Change*, 1(1): 17-36 (in Russian). [Глаголев М.В. 2010. К методу «обратной задачи» для определения поверхностной плотности потока газа из почвы // Динамика окружающей среды и глобальные изменения климата. Т. 1. № 1 С. 17-36]. DOI: 10.17816/edgccc1117-36
- Glagolev M.V. 2012. High water table can lower a methane emission from soil. *Environmental Dynamics and Global Climate Change*, 3(1): 1-10 (in Russian). [Глаголев М.В. 2012. Высокий уровень стояния воды может снижать эмиссию метана из почвы // Динамика окружающей среды и глобальные изменения климата. Т. 3. № 1. С. 1-10]. DOI: 10.17816/edgccc311-10
- Glagolev M.V. 2012. Sensitivity analysis of the model. *Environmental Dynamics and Global Climate Change*, 3(3): 31-53 (in Russian). [Глаголев М.В. 2012. Анализ чувствительности модели // Динамика окружающей среды и глобальные изменения климата. Т. 3. № 3. С. 31-53]. DOI: 10.17816/edgccc3331-53
- Glagolev M.V., Sabrekov A.F. 2008. Reconstruction of probability density distribution by histogram method in soil science and ecology. *Environmental Dynamics and Global Climate Change*, 1(1S): 55-83 (in Russian). [Глаголев М.В., Сабреков А.Ф. 2008. О восстановлении плотности вероятности методом гистограмм в почвоведении и экологии // Динамика окружающей среды и глобальные изменения климата. Т. 1. № S1. С. 55-83]. DOI: 10.17816/edgccc11S55-83
- Glagolev M.V., Sabrekov A.F. 2014. A reply to A.V. Smagin: II. Carbon balance of Russia. *Environmental Dynamics and Global Climate Change*, 5(2): 50-70 (in Russian). [Глаголев М.В., Сабреков А.Ф. 2014. Ответ А.В. Смагину: II. Углеродный баланс России // Динамика окружающей среды и глобальные изменения климата. Т. 5. № 2. С. 50-70]. DOI: 10.17816/edgccc5250-70
- Glagolev M.V., Sabrekov A.F., Faustova E.V., Marfenina O.E. 2016. Modelling of concentration dynamics of fungal aerosols in the atmospheric boundary layer: I. Basic processes and equations. *Environmental Dynamics and Global Climate Change*, 7(2): 85-102 (in Russian). [Глаголев М.В., Сабреков А.Ф., Фаустова Е.В., Марфенина О.Е. 2016. Моделирование динамики концентрации грибного аэрозоля в приземном слое атмосферы: I. Основные процессы и уравнения // Динамика окружающей среды и глобальные изменения климата. Т. 7. № 2 (14). С. 85-102]. DOI: 10.17816/edgccc7285-102
- Glagolev M.V., Sabrekov A.F., Filippova N.V., Lapshina E.D. 2018. Ten years of progress: Analytic review of the first decade of journal functioning. *Environmental Dynamics and Global Climate Change*, 9(2): 3-16 (in Russian). [Глаголев М.В., Сабреков А.Ф., Филиппова Н.В., Лапшина Е.Д. 2018. Десять лет в победном строю: анализ деятельности журнала за первое десятилетие существования // Динамика окружающей среды и глобальные изменения климата. Т. 9. № 2. С. 3-16.] DOI: 10.17816/edgccc8838
- Goroshko N.V. 2010. Methods of assessment of spatio-temporal fluctuations (based on the example of the Upper Ob basin). *Environmental Dynamics and Global Climate Change*, 1(1): 55-65 (in Russian). [Горошко Н.В. 2010. Способы оценки пространственно-временных колебаний стока (на примере бассейна Верхней Оби) // Динамика окружающей среды и глобальные изменения климата. Т. 1. № 1. С. 55-65]. DOI: 10.17816/edgccc1155-65
- Heinig K. 1977. On the importance of scientific periodicals in the formation of Liebig's scientific school. In: *Schools in science* (S.R. Mikulinskii, M.G. Jaroševskij, H. Steiner, G. Kröber, eds.). Nauka, Moscow, pp. 416-423 (in Russian). [Гейнинг К. 1977. О значении научной периодики в формировании научной школы Либиха // Школы в науке / Под ред. С.Р. Микулинского, М.Г. Ярошевского, Г. Кребера, Г. Штейнера. М.: Наука. С. 416-423.]
- Ilin V.V. 1989. *Criteria for scientific knowledge*. Publishing house "Higher School", Moscow, 128 p. (in Russian). [Ильин В.В. 1989. Критерии научности знания. М.: Высш. шк. 128 с.]

- Jheeta S., Chatzitheodoridis E., Dominik M., Kotsyurbenko O.R., Laine P., Pérez M.P., Torres de Farias S., McGrath K., Rezaei A., Nyambuya G., Gupta V., Changela H., Bhatt M.C., Simpemba P., Gustafson L., Kadiri M.O., Godoy-Faúndez A., Nelson N., Nielsen J.N., Smith D. 2022. The Blue Earth Project: "Is Humanity Settling its own Fate on Ecological Survival?". *Environmental dynamics and global climate change*, 13(1): 49-58. DOI: 10.18822/edgcc108267
- Kalaimathi V., Geethalakshmi V., Parasuraman P., Kathirvelan P., Swaminathan C. 2024. A bibliometric analysis of the Journal of Agrometeorology (JAM) from 2008 to 2022. *Journal of Agrometeorology*, 26(1): 1-17. DOI: 10.54386/jam.v26i1.2525
- Kapitonova O.A., Aksarina K.Y., Yu A.K. 2019. On some physical and chemical properties of soils of sandy outcrops of the West Siberian northern regions. *Environmental dynamics and global climate change*, 10(1): 28-37 (in Russian). DOI: 10.17816/edgcc10533
- Karelin D.V., Glagolev M.V., Sabrekov A.F. 2020. «Whither, then, are you speeding, O Russia of mine?»: What do scientists think about the new system of their labor evaluation in Russia? *Environmental dynamics and global climate change*, 11(2): 104-124 (in Russian). DOI: 10.17816/edgcc52983
- Kirsta Y.B., Lovtskaya O.V. 2020. Annual range of temperature and precipitation forecast for Altai-Sayan mountain country. *Environmental dynamics and global climate change*, 11(1): 16-23 (in Russian). DOI: 10.17816/edgcc34020
- Kleptsova I.E., Glagolev M.V., Filippov I.V., Maksyutov S.S. 2010. Methane emission from middle taiga ridges and rams of Western Siberia. *Environmental Dynamics and Global Climate Change*, 1(1): 66-76 (in Russian). [Клептова И.Е., Глаголев М.В., Филиппов И.В., Максютков Ш.Ш. 2010. Эмиссия метана из рьямов и гряд средней тайги Западной Сибири // Динамика окружающей среды и глобальные изменения климата. Т. 1. № 1. С. 66-76]. DOI: 10.17816/edgcc1166-76
- Kopoteva T.A., Kuptsova V.A. 2016. Dynamics of phytomass and production on reclaimed mesotrophic mire during repeated water-logging process in the Lower Amur region. *Environmental Dynamics and Global Climate Change*, 7(2): 3-12 (in Russian). [Копотева Т.А., Купцова В.А. 2016. Динамика фитомассы и продукции мезотрофного болота в ходе повторного заболачивания после мелиорации в Приамурье // Динамика окружающей среды и глобальные изменения климата. Т. 7. № 2. С. 3-12]. DOI: 10.17816/edgcc723-12
- Kosyakov D.V., Selivanova I.V., Lavrik O.L. 2020. The Scientometrics of Journal "Biosphere": analysis of tendencies and future development. *Biosphere*, (3): 3-13. (in Russian). [Косьяков Д.В., Селиванова И.В., Лаврик О.Л. 2020. Наукометрия журнала "Биосфера": анализ тенденций и перспектив развития // Биосфера. № 3. С. 3-13]. DOI: 10.20913/13/1815-3186-2020-3-3-13
- Kotsyurbenko O.R., Glagolev M.V., Sabrekov A.F., Terentjeva I.E. 2020. Systems approach to the study of microbial methanogenesis in West-Siberian wetlands. *Environmental Dynamics and Global Climate Change*, 11(1): 53-68 (in Russian). DOI: 10.17816/edgcc15809
- Kuznetsova V.P. 2020. The reaction of the environment to climate change in the Northern latitudes (on the example of the taiga zone of the Khanty-Mansiysk Autonomous Okrug – Yugra). *Environmental dynamics and global climate change*, 11(1): 24-36 (in Russian). DOI: 10.17816/edgcc33996
- Lapshina E.D., Zarov E.A. 2023. Stratigraphy of peat deposits and mire development in the southern part of the forest zone of Western Siberia in Holocene. *Environmental dynamics and global climate change*, 14(2): 70-101. DOI: 10.18822/edgcc568688
- Latysh I.M. 2017. Methods of assessment of spatio-temporal fluctuations (based on the example of the Upper Ob basin). *Environmental Dynamics and Global Climate Change*, 8(2): 57-63 (in Russian). [Латыш И.М. 2017. Групповой химический состав органического вещества торфа среднетаежной зоны Западной Сибири на примере болотного массива "Мухрино" // Динамика окружающей среды и глобальные изменения климата. Т. 8. № 2. С. 57-63]. DOI: 10.17816/edgcc8257-63
- Litvinova O.S., Gulyaeva N.V. 2010. The analysis of time numbers of deposits Ob-Irtysh interfluvies XX – beginning XXI centuries. *Environmental Dynamics and Global Climate Change*, 1(1): 45-54 (in Russian). [Литвинова О.С., Гуляева Н.В. 2010. Анализ временных рядов осадков Обь-Иртышского междуречья в XX-начале XXI вв. // Динамика окружающей среды и глобальные изменения климата. Т. 1. № 1. С. 45-54]. DOI: 10.17816/edgcc1145-54
- Martirosyan A.B. 2010. *Inspirer of repression or talented organizer? 1917-1941*. Veche, Moscow, 313 p. (in Russian). [Мартirosян А.Б. 2010. Вдохновитель репрессий или талантливый организатор? 1917-1941 гг. М.: Вече. С. 313.]
- Martynova Y.V., Voropay N.N., Matyukhina A.A. 2023. Variability of temporal characteristics of snow cover in Siberia on ground-based data. *Environmental Dynamics and Global Climate Change*, 14(3): 181-197 (in Russian). DOI: 10.18822/edgcc625771
- Mazov N.A., Gureev V.N. 2018. "Seismic technologies" in the context of Russian journals on Earth sciences: an extensive 10-year bibliometric analysis. *Russian Journal of Geophysical Technologies*, (1): 3-14 (in Russian). [Мазов Н.А., Гуреев В.Н. 2018. Журнал «Технологии сейсморазведки» в контексте российских изданий по наукам о Земле: многопрофильный библиометрический анализ за последние 10 лет // Геофизические технологии. № 1. С. 3-14.] DOI: 10.18303/2619-1563-2018-1-1
- Methodology of bibliometric examination. 2017. NEICON, Moscow, 27 pp. (in Russian). [Методика библиометрической экспертизы. 2017. М.: НЭИКОН. 27 с.]
- Mironycheva-Tokareva N.P., Kosykh N.P., Vishnykova E.K. 2013. Production and destruction processes in peatland ecosystems of Vasyugan region. *Environmental Dynamics and Global Climate Change*, 4(1): 1-9 (in Russian). [Мироничева-Токарева Н.П., Косых Н.П., Вишнякова Е.К. 2013. Продукционно-деструкционные процессы в болотных экосистемах Васюганья // Динамика окружающей среды и глобальные изменения климата. Т. 4. № 1. С. 1-9]. DOI: 10.17816/edgcc411-9
- Mukhametshin R.R., Asylgaraeva G.Sh. 2021. Comparative analysis of scientometrics indicators of "Povolzhskaya arkhologiya" journal. *Scientific and Technical Libraries*, (4): 73-92 (in Russian). [Мухаметшин Р.Р., Асылгараева Г.Ш. 2021. Сравнительный анализ наукометрических показателей журнала «Поволжская археология» // Научные и технические библиотеки. № 4. С. 73-92]. DOI: 10.33186/1027-3689-2021-4-73-92
- Nalimov V.V., Mul'chenko Z.M. 1969. *Scientometrics. Study of the development of science as an information process*. Nauka, Moscow, 192 pp. (in Russian). [Налимов В.В., Мульченко З.М. 1969. Наукометрия. Изучение развития науки как информационного процесса. М.: Наука. 192 с.]
- Panova N.K., Antipina T.G., Jankoska V. 2010. Holocene history of the environment and development of bogs on the eastern slope of the Polar and Pre-Polar Urals // Динамика окружающей среды и глобальные изменения климата. Т. 1. № 2. С. 105-117.

Ponkin I.V., Red'kina A.I. 2019. *Citation as a method of supporting and supporting scientific research*. Publishing house "INFRA-M", Moscow, 86 p. (in Russian). [Понкин И.В., Редькина А.И. 2019. Цитирование как метод сопровождения и обеспечения научного исследования. М.: ИНФРА-М. 86 с.]

Sidiropoulos A., Katsaros D., Manolopoulos Y. 2006. Generalized h-index for Disclosing Latent Facts in Citation Networks. URL: <http://arxiv.org/abs/cs/0607066v1>

Sirin A.A., Suvorov G.G., Chistotin M.V., Glagolev M.V. 2012. Values of methane emission from drainage ditches. *Environmental Dynamics and Global Climate Change*, 3(2): 1-10 (in Russian). [Сирин А.А., Суворов Г.Г., Чистотин М.В., Глаголев М.В. 2012. О значениях эмиссии метана из осушительных каналов // Динамика окружающей среды и глобальные изменения климата. Т. 3. № 2 (6). С. 1-10]. DOI: 10.17816/edgcc321-10

Smagin A.V. 2014. Spornye voprosy kolichestvennoy otsenki gazovykh potokov mezhdu pochvoy i atmosferoy (k diskussii M.V. Glagoleva i A.V. Naumova). *Environmental Dynamics and Global Climate Change*, 5(2): 10-25 (in Russian). [Смагин А.В. 2014. Спорные вопросы количественной оценки газовых потоков между почвой и атмосферой (к дискуссии М.В. Глаголева и А.В. Наумова) // Динамика окружающей среды и глобальные изменения климата. Т. 5. № 2. С. 10-25]. DOI: 10.17816/edgcc5210-25

Szajdak L.W., Lapshina E.D., Gaca W., Styła K., Meysner T., Szczepański M., Zarov E.A. 2016. Physical, chemical and biochemical properties of Western Siberia Sphagnum and Carex peat soils. *Environmental Dynamics and Global Climate Change*, 7(2): 13-25 (in Russian). [Шайдак Л.В., Лапшина Е.Д., Гака В., Стыла К., Мейснер Т., Щепански М., Заров Е.А. 2016. Физические, химические и биохимические свойства сфагновых и осоковых торфов Западной Сибири // Динамика окружающей среды и глобальные изменения климата. Т. 7. № 2. С. 13-25]. DOI: 10.17816/edgcc7213-25

Vavilin V.A. 2019. Anaerobic methane oxidation by nitrate: kinetic isotope effect. *Environmental dynamics and global climate change*, 10(1): 3-15 (in Russian).

Web of Science (WoS) search platform that unites several bibliographic and abstract databases of peer-reviewed scientific literature. URL: <https://www.webofscience.com> (Last accessed 01.03.2024).

Zhiliba A.I., Vandyshva G.A., Gribanov K.G., Zakharov V.I. 2011. Global climate change. Is «Methane bomb» scenario sensitive to melting permafrost of West Siberia peat land? *Environmental Dynamics and Global Climate Change*, 2(1): 1-14 (in Russian). [Жилиба А.И., Вандышева Г.А., Грибанов К.Г., Захаров В.И. 2011. Глобальные изменения климата: «метановая бомба» – научнообразный миф или потенциальный сценарий? // Динамика окружающей среды и глобальные изменения климата. Т. 2. № 1(3). С. 3-16]. DOI: 10.17816/edgcc211-14

Zinchenko A.V. 2017. Model of soil organic matter humification and mineralization and its application for calculation of peatland ecosystems carbon budget characteristics. *Environmental Dynamics and Global Climate Change*, 8(2): 3-17 (in Russian). [Зинченко А.В. 2017. Модель гумификации и минерализации органических веществ в почве и ее использование для расчета составляющих углеродного баланса болотных экосистем // Динамика окружающей среды и глобальные изменения климата. Т. 8. № 2. С. 3-17]. DOI: 10.17816/edgcc823-17

Zvyagina E.A. 2015. On the biology and ecology of *Sarcosoma globosum* in the middle taiga belt of West Siberia. *Environmental Dynamics and Global Climate Change*, 6(2): 3-11 (in Russian). [Звягина Е.А. 2015. К биологии и экологии *Sarcosoma globosum* в условиях средней тайги Западной Сибири // Динамика окружающей среды и глобальные изменения климата. Т. 6. № 2. С. 3-11]. DOI: 10.17816/edgcc623-11

Поступила в редакцию: 29.05.2024
Переработанный вариант: 11.12.2024

CATALOG OF THE MIRE HABITATS OF EAST EUROPEAN TUNDRA

*Lavrinenko I.A. *, Lavrinenko O.V.*

Ботанический институт имени В. Л. Комарова, Санкт-Петербург

**lavrinenkoi@mail.ru*

Citation: Lavrinenko I.A., Lavrinenko O.V. 2024. Catalog of the mire habitats of East European tundra. *Environmental Dynamics and Global Climate Change*. 15(4): 246-275.

DOI: 10.18822/edgcc642626

Приведен фрагмент Каталога местообитаний восточноевропейских тундр, посвященный болотным биотопам. Он охватывает основное разнообразие болотных экосистем тундровой зоны – арктические минеральные болота, низинные болота, комплексные бугристо-топяные болота с различной морфологией торфяных возвышений и понижений рельефа, заболоченные бессточные элементы ландшафта. Паспорта болотных категорий разного ранга содержат информацию о растительности, диагностических видах, особенностях экологии и распространения, ресурсной значимости биотопа, наличии редких и охраняемых видов растительного мира, существующих угрозах и лимитирующих факторах и сопровождаются фотоматериалами. Кратко описана методология классификации местообитаний и типологии территориальных единиц растительности, лежащей в основе картографирования биотопов. На примере ключевого участка в Большеземельской тундре приведена крупномасштабная карта распределения болотных местообитаний разных категорий.

Ключевые слова: местообитание, биотоп, классификация местообитаний, картографирование, территориальные единицы растительности, синтаксономия, болото, восточноевропейские тундры, Арктика.

The basis for the existence of Arctic plant and animal species is the presence of suitable habitats (biotopes) – fragments of the earth's surface that are vital for a biological species or communities at a certain period of time. Considering the diversity of habitat types in the Russian Arctic, their inventory, preceded by classification, is firstly necessary. In 2019, with the support of a grant from the Russian Science Foundation (RSF), work began on creating a catalog of Arctic habitats using the East European tundra as the case study. The experience of European countries, which have been implementing a number of national and common European programs for the protection of habitats for decades, was taken into account [Lavrinenko, 2020].

A multi-level classification of habitats is demonstrated using the case of the mires of the East European tundra. The classification of habitats is based on their location on the geomorphological profile and environmental features, which are identified by the syntaxonomic composition of vegetation. Since the tundra zone is characterized by small-contour and mosaic landscapes, combinations of phytocenoses – territorial units of vegetation (TUV) have to be highlighted even on large-scale maps.

To define habitats based on their syntaxonomic composition, a typological scheme that allows identifying TUVs of varying complexity and rank (from type to class and division) on the map while preserving information on the composition of syntaxa and the spatial structure of the contours has been developed [Lavrinenko, 2020, 2021; Lavrinenko, Lavrinenko, 2020]. The typological scheme and TUV nomenclature are based on the Braun-Blanquet classification. The background vegetation of the *Oxycocco-Sphagneteta* and *Scheuchzerio-Caricetea nigrae* bogs and fens in the East European tundra has been studied to the level of associations and subassociations [Lavrinenko et al., 2016, 2022; Lavrinenko, Lavrinenko, 2015, 2021].

The highest unit of the typological scheme is the *division*, which combines the TUV of the largest landscape elements (watersheds, river valleys with a floodplain regime and low marine terraces). Divisions include *classes* – topographically expressed TUV, which reflect the ecological uniqueness of genetically homogeneous simple relief forms by the composition of syntaxa and their combinations. *Types* are the main elementary units of the typological scheme. Their determination is based on two main criteria: the syntaxonomic composition of TUV elements and the type of spatial structure (phytocenoses, ecological-genetic series, ecological series, complexes, complex combinations). It is proposed to use *subclasses* and *groups* as secondary units. A scheme for the step-by-step unification of TUV categories from phytocenosis to geobotanical region during map generalization as the scale decreases was developed using coastal marshes as the case study [Lavrinenko, 2020].

According to the habitat classification at the highest level, 4 groups of biotopes were identified: A – watershed habitats, B – habitats of river valleys with a floodplain regime, C – coastal habitats, D – marine habitats, including estuaries. To reflect the zonal position of biotopes, a letter was added to the highest-level index: a – polar deserts, b – tundra, c – forest-tundra belt, d – taiga, etc. Biotopes of the second-level categories (Ab1, ..., Cb3) differ in their position on the generalized geomorphological profile – from the highest to the lowest positions. When identifying the

third-level categories, along with the position on the profile, the features of substrate, and the fourth and lower levels – physiognomic (color, texture) and spectral (indices, signatures) characteristics are taken into account. Each category of biotopes below the second level is diagnosed by TUV of the corresponding rank and syntaxonomic composition – from class to type, which reflects its complexity and spatial structure well. The classification of habitats of different levels allows using all TUV ranks for naming – from type to class, depending on the scale and degree of vegetation study.

Mire biotopes belong to the Ab3 category – habitats of drainless or semi-drainage accumulative-eluvial landscapes, which in turn is subdivided into 5 categories of the third level: Ab3.1 – marshy marine terraces with grass (sedge and cotton grass) and dwarf shrub-moss (sphagnum and brown and green mosses) communities on acidic peat and peaty waterlogged soils; Ab3.2 – willow (*Salix myrsinites*)-moss boggy communities with a high proportion of hemicalciphyte species on base-rich substrates; Ab3.3 – peatlands (bogs) in relief depressions, where active peat accumulation occurred in the Holocene; Ab3.4 – arctic mineral mires; Ab3.5 – lowland sedge-brown-moss and sedge-cotton grass-brown-moss fens. Within the categories of the third level, 10 categories of the fourth level are identified and characterized. Each category passport contains: habitat name, compliance with the EUNIS category, TUV name, syntaxonomic composition of vegetation (alliances, associations and subassociations), vegetation definition, diagnostic species (characters, dominants and constants), ecological conditions (location on the geomorphological profile, soil moisture and type, permafrost, etc.), distribution in the Nenets Autonomous Okrug, species in the Red Data Book of the Nenets Autonomous Okrug (2020), threats and limiting factors, photographs.

The proposed habitat monitoring system does not replace, but complements the established and existing system of nature conservation in Russia through the creation and operation of Special Protected Natural Areas. The prepared catalogue of habitats can serve as a basis for studying their dynamics under anthropogenic impacts and climatic change, and for organizing field and remote monitoring.

Key words: habitat, biotope, habitat classification, mapping, territorial units of vegetation, syntaxonomy, mire, East European tundra, Arctic.

ВВЕДЕНИЕ

В основе существования биоты лежит наличие соответствующих местообитаний (биотопов)¹ – фрагментов земной поверхности, жизненно важных для биологических видов или сообществ в определенный период времени. В условиях возрастания влияния антропогенных факторов и потепления климата необходимы охрана и мониторинг не только редких видов растений и животных, а прежде всего их биотопов. Учитывая опыт европейских ученых, включая коллег из Белоруссии [Pugachevskiy et al., 2013], в реализации большого числа региональных и общеевропейских программ и проектов, направленных на изучение и охрану местообитаний или биотопов [EU Habitats Directive..., 1992; NATURA, 2000; национальные и Красные каталоги местообитаний и мн. др.] (см. обзор: [Lavrinenko, 2020]), можно утверждать о перспективности такого подхода к охране природы в России. Прежде всего, это относится к Арктике, где многие виды находятся на пределе существования, и даже незначительное влияние на их местообитания способно привести к снижению численности или к полному уничтожению популяций.

На сегодняшний день на территории Российской Арктики организовано 164 особо охраняемые природные территории (ООПТ) общей площадью 587 тыс. км², включая 26 территорий федерального значения (388 тыс. км²). Доля последних, без учета морской акватории (162 км²), составляет лишь 4.7 % от площади суши арктических территорий РФ (4.8 млн км²). Для сохранения биоразнообразия Арктики этого явно недостаточно, учитывая высокую чувствительность ландшафтов и биоты к воздействию техногенных и климатических факторов, а также локальное распространение ООПТ, не способных охватить все важнейшие категории местообитаний. Ситуация также осложняется труднодоступностью многих охраняемых территорий и серьезными финансовыми затратами на их содержание и охрану. Таким образом, с одной стороны, площадь ООПТ в Российской Арктике крайне мала, а с другой – в пределах ее территории существует огромное число местообитаний вне системы охраняемых территорий, имеющих большое значение для сохранения арктических экосистем и биоты. Придавать таким биотопам статус охраняемых территорий определенного ранга, учитывая их множественность и рассредоточенность по территории, безусловно, нецелесообразно. Однако при планировании хозяйственной деятельности, разработке месторождений, строительстве инфраструктурных объектов, прокладке дорог и трубопроводов особое внимание необходимо уделить наличию местообитаний из Красного списка и мониторингу их состояния. Последнее,

¹ Термины «местообитание» и «биотоп» здесь используются как синонимы, без акцента на разное понимание их отечественными и зарубежными учеными.

учитывая современные технологии ДЗЗ, в настоящее время вполне реализуемо и позволяет организовать масштабный мониторинг на столь обширной территории.

Учитывая разнообразие типов местообитаний восточноевропейских тундр, необходима прежде всего их инвентаризация, которая невозможна без предварительной классификации, результаты которой планируется обобщить в Каталоге местообитаний восточноевропейских тундр и использовать при создании паспорта для каждой категории. Каталог представляет собой оригинальную иерархическую систему, которая разрабатывается преимущественно на основе отечественных подходов в геоботанике и ландшафтоведении, позволяющую выделять и диагностировать разные типы биотопов. На ключевых участках восточноевропейских тундр выполняется крупномасштабное картографирование биотопов и выделяются категории, имеющие высокую ресурсную значимость и высокую численность редких и нуждающихся в охране объектов животного и растительного мира. На основании этих материалов разрабатывается Красный список местообитаний восточноевропейских тундр. Применение предлагаемого подхода к классификации, инвентаризации и картографированию местообитаний тундровой зоны служит серьезным шагом вперед как в области академических исследований, так и в плане применения полученных результатов в практической деятельности.

В отношении фундаментальных исследований такой подход позволяет сконцентрировать усилия самых разных специалистов (ботаников, зоологов, почвоведов, болотоведов, специалистов по углеродному обмену, геокриологов и др.) на вполне определенных, имеющих координатную привязку, участках земной поверхности, которые представляют собой ту или иную значимость для редких и охраняемых, ресурсных, промысловых или иных видов биоты, животных или растений. Эти участки отличаются определенной функциональной значимостью для экосистем, ландшафтов или в целом для региона. На основании таких исследований может быть дана комплексная характеристика современного состояния и всесторонняя оценка значимости различных типов и категорий местообитаний для природы и человека. А это, в свою очередь, служит основой для изучения их динамики при антропогенном и климатическом влиянии, организации полевого и дистанционного мониторинга.

Практическую значимость такого подхода также сложно переоценить. Наиболее эффективная и рациональная охрана краснокнижных и ресурсных видов возможна прежде всего через охрану основы их существования, т.е. их местообитаний. Так, в Республике Беларусь определение биотопа как объекта охраны на государственном уровне внесено в Закон Республики Беларусь «Об охране окружающей среды» более 10 лет назад (статья 1) [On the protection..., 2013], в новую редакцию Лесного кодекса Республики Беларусь [Forest Code..., 2015]. Разработаны и утверждены Министерством природы Республики Беларусь перечень, критерии выделения, а также требования к охране редких и типичных биотопов, введен технический кодекс установившейся практики (ТКП) 17.12-06-2014 «Правила выделения и охраны типичных и редких биотопов, типичных и редких природных ландшафтов» [Environmental protection..., 2014].

В настоящее время к числу наиболее разработанных разделов Каталога местообитаний восточноевропейских тундр относятся болотные биотопы, классификация которых и иерархическая система категорий описаны в настоящей работе, а также показан пример выделения этих категорий на крупномасштабной карте.

РАЙОН ИССЛЕДОВАНИЙ

Работы по созданию Каталога местообитаний восточноевропейских тундр основаны на результатах многолетних исследований авторов, начиная с 1996 по 2024 год. В настоящее время база геоданных для этой территории содержит более 4 000 полных геоботанических описаний и около 6 000 маркерных (координаты, краткая характеристика, фотографии) в пределах 70 ключевых участков, приуроченных к разным зональным и ландшафтным позициям (Рис. 1). В пределах каждого ключевого участка диагностированы те или иные категории болотных местообитаний, приведенных в настоящей работе, число описаний растительных сообществ для них составило более 1 000.

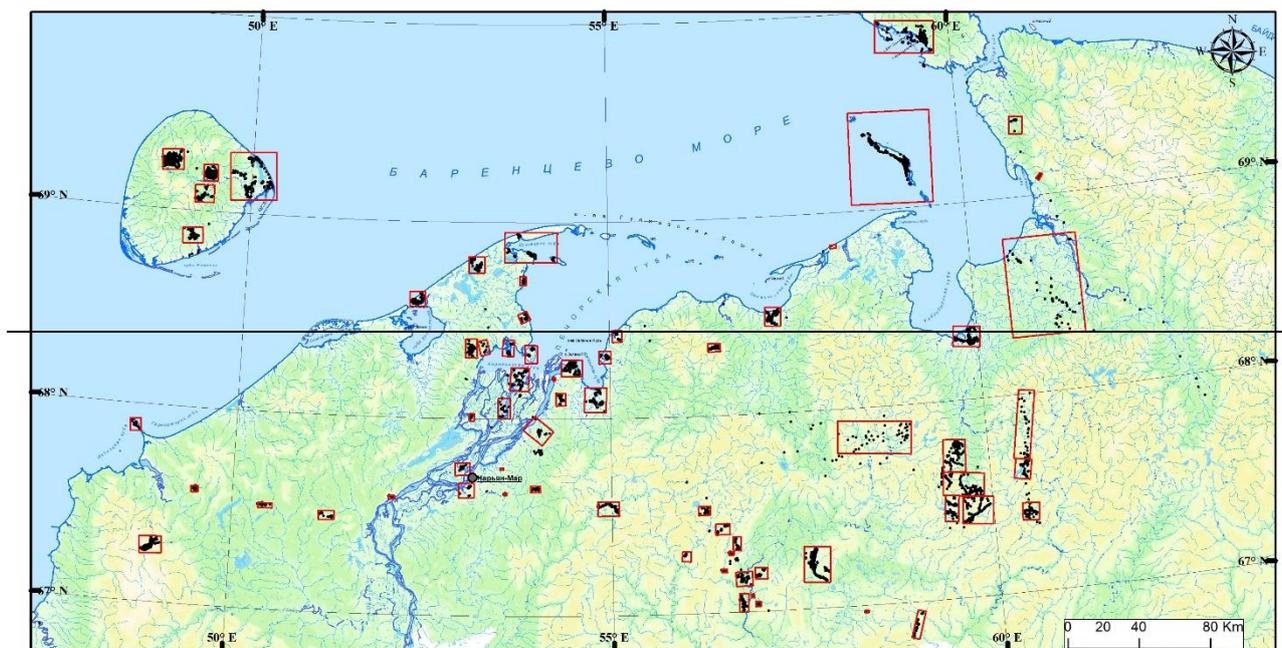


Рис. 1. Ключевые участки (взяты в красные рамки) на территории восточноевропейских тундр, в пределах которых выполнены геоботанические описания (точки).

Fig. 1. Key sites (in red frames) in the East European tundra, within which relevés (dots) were made.

Район исследований расположен на северо-востоке европейской части России, территория включает крупные морские арктические острова – Колгуев, Вайгач, Долгий и ряд более мелких. Почти вся территория, за исключением крайней юго-западной части, расположена за Северным полярным кругом, протяжённое морское побережье омывается водами Белого, Баренцева и Карского морей. На относительно небольшом широтном отрезке происходит смена двух природных зон и пяти подзон и полос: северная тайга (на юго-западе округа), южные, типичные, арктические (на севере о-ва Вайгач) тундры и переходная полоса между таёжной и тундровой зоной – южная и северная лесотундра [Aleksandrova et al., 1989].

Печорская низменность разделена широкой долиной р. Печоры на две части – Малоземельскую тундру на западе и Большеземельскую тундру на востоке. Для материковой территории характерно чередование аккумулятивного рельефа ледникового, ледниково-морского и морского происхождения. От берега моря вглубь материка поверхность поднимается уступами нескольких древних террас, сложенных глинами и морскими песками. Плоский рельеф прибрежной зоны сменяется холмистым и холмисто-увалистым. Сложенные суглинками и песками моренные холмы и вытянутые на десятки километров ледниковые гряды (мусюры) имеют высоту 100-180 м над ур. м. Поверхность тундры расчленена многочисленными замкнутыми или ложбинообразными понижениями: долинами, озерными котловинами остаточного-ледникового и термокарстового происхождения, плоскобугристыми и низинными болотами. В пограничной полосе между тундровыми и лесными сообществами обычны крупнобугристые торфяники.

О-в Колгуев образован рыхлыми глинистыми и песчаными морскими четвертичными отложениями. Большую часть поверхности занимают морские террасы верхнеплейстоценового возраста высотой 30-50 и 50-75 м над ур. м. Только в центральной части рельеф холмистый (сопки 100-170 м над ур. м.) и на поверхность выходят ледниково-морские суглинки и алевроиты с галькой и валунами, занимающие небольшую площадь. Низкая (до 20 м над ур. м.) морская терраса на юге и севере острова сильно заболочена и имеет множество термокарстовых озёр.

Рельеф о-ва Вайгач пересеченный, грядовый. Преобладают возвышенности, вытянутые в северо-западном направлении и сложенные палеозойскими глинистыми сланцами, глинистыми и песчанистыми известняками. На севере острова они – до 157 м над ур. м., на юге – более низкие (100-130 м над ур. м.). Возвышенности постепенно, террасами от 70-60 до 40-30 м над ур. м., понижаются к берегам острова, обрывистым или имеющим вид узкой полосы прибрежной равнины. Обширные понижения на морских террасах заняты арктическими осоково-моховыми болотами на торфянисто-глеевых почвах. Полигональные торфяники (по 2-15 полигонов, до 0.5 м выс.) встречаются редко и занимают небольшую площадь [Atlas..., 1976].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

При выделении биотопов в Арктике использование существующих европейских классификаций (Palearctic Habitats, CORINE, EUNIS, CarHAB и др.) проблематично из-за слабой представленности тундровых местообитаний в Западной Европе, а также отсутствия отчетливых диагностических критериев для выделения категорий [Braslavskaya, Tikhonova, 2020; Lavrinenko, 2020]. Тем не менее, как и в перечисленных классификациях, в качестве важнейшего диагностического показателя при выделении местообитаний предложено использовать синтаксономический состав растительности, поскольку лучшим индикатором состояния местообитаний являются растительные сообщества [Lavrinenko, Lavrinenko, 2020].

Типология территориальных единиц растительности

Учитывая, что важнейшей особенностью тундры являются мелкоконтурность и мозаичность ландшафтов, на картах даже крупного масштаба приходится выделять не отдельные фитоценозы, а их комбинации – территориальные единицы растительности (далее – ТЕР). Для диагностики местообитаний на основе их синтаксономического состава нами [Lavrinenko, 2020, 2021] была разработана типологическая схема, которая позволяет выделять на карте ТЕР разной сложности и ранга с сохранением информации о составе синтаксонов и пространственной структуре выделов.

В основу типологической схемы и номенклатуры ТЕР для диагностики биотопов положена фитосоциологическая (= флористическая или Браун-Бланке) классификация, в традициях которой опубликованы результаты классификации растительности восточноевропейских тундр, включая болотные классы *Oxycocco-Sphagnetea* Br.-Bl. et Tx. ex Westhoff et al. 1946 и *Scheuchzerio-Caricetea nigrae* Tx. 1937 [Lavrinenko et al., 2014, 2016, 2022, 2024; Lavrinenko, Lavrinenko, 2015, 2018a, 2018b, 2021; Lavrinenko, Kochergina, 2022], а также список синтаксонов Российской Арктики [Matveyeva, Lavrinenko, 2021].

За высшую единицу типологической схемы принят *отдел*, объединяющий ТЕР наиболее крупных элементов ландшафта, приуроченные к таким геоморфологическим структурам, как водоразделы, долины водотоков с пойменным режимом и низкие морские террасы, находящиеся под влиянием приливов и отливов. В пределах отделов выделяются *классы* – топографически выраженные ТЕР, которые составом синтаксонов и их комбинаций отражают экологическое своеобразие генетически однородных простых форм рельефа (холм, гряда, ложбина стока, приозерная депрессия, пойма и др.). *Подкласс* отражает географические особенности и экологическое своеобразие синтаксономического состава и фитоценоз в пределах класса. Фитоценозы подклассов обычно территориально не сопряжены и относятся к разным единицам геоботанического районирования (подзоны, геоботанические районы). В пределах класса/подкласса ТЕР часто отчетливо выделяются фитоценозы мезо- или макроуровня, дискретно или континуально сменяющие друг друга по градиенту ведущих экологических факторов. Они выделены в ранг *групп*, каждая из которых на местности выражена физиономически и в своих границах представлена континуумом или относительно однородной мозаикой растительных сообществ и их комбинаций. *Типы* представляют собой основные элементарные единицы типологической схемы. В основу их выделения положены два основных критерия: синтаксономический состав элементов ТЕР и тип пространственной структуры. Для наименований ТЕР использованы названия диагностических синтаксонов ранга ассоциации и ниже, поскольку они в наибольшей степени отражают локальное и региональное своеобразие картируемой территории. На примере приморских маршей разработана схема поэтапного объединения категорий ТЕР от фитоценоза до геоботанического района при генерализации карты по мере уменьшения масштаба. Более подробно методические подходы к выделению и наименованию категорий ТЕР разного ранга описаны ранее [Lavrinenko, 2020].

Типология местообитаний

При разработке классификации местообитаний определены их положение и взаимосвязь с классификацией и картографированием растительности, экологическими показателями и их ресурсными характеристиками (Рис. П1). На основе классификации растительности (Рис. П1, 1) разработана типология ТЕР (Рис. П1, 2), отражающая перечень сообществ и их комбинаций. В основу

классификации биотопов положены их положение на геоморфологическом профиле и экологические особенности биотопов (почвы, водный режим и т.п.) (Рис. П1, 3). Местообитания диагностируются ТЕР (Рис. П1, 4), которые синтаксономическим составом и пространственной структурой элементов отражают экологическое своеобразие биотопов. Важнейший показатель местообитаний, на основе которого может проводиться ранжирование, – их ресурсная значимость для видов и сообществ арктической биоты и человека (Рис. П1, 5). Заключительный момент – это создание карты местообитаний на основе геоботанической карты (Рис. П1, 6) и классификационной схемы местообитаний со всеми содержательными характеристиками (Рис. П1, 7).

При работе над классификацией на самом высоком уровне выделены 4 группы местообитаний, приуроченных к крупным элементам ландшафта (наземные) и морской акватории, которые могут присутствовать в разных природных зонах: А – местообитания водораздельных территорий; В – долины водотоков с пойменным режимом; С – приморские (прибрежные) местообитания; D – морские местообитания (морская акватория), включая эстуарии (Рис. П2). Для отражения зонального положения биотопов к индексу высшего уровня добавлена вторая буква: а – полярные пустыни; b – тундры; с – полоса лесотундры; d – тайга и т.д. Так, обозначения Ab, Bb, Cb, Db – высшие категории местообитаний, выделенные в зоне тундры.

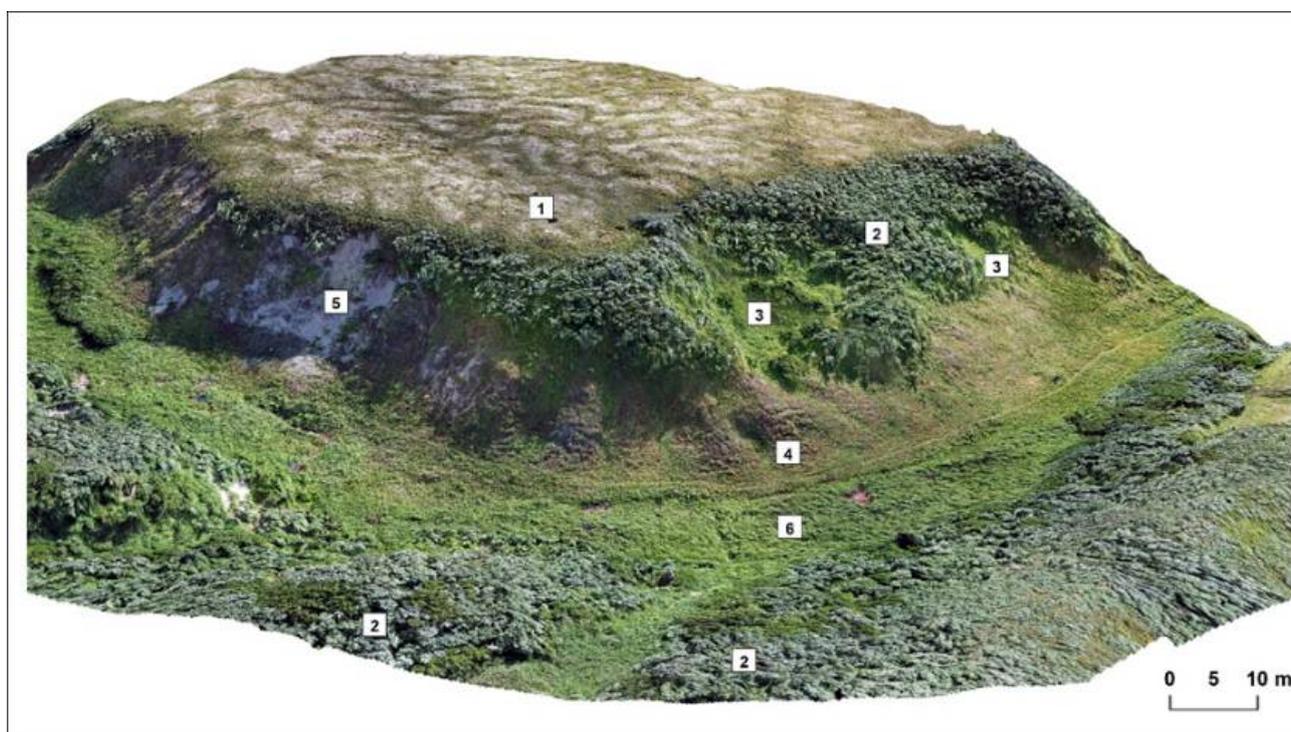


Рис. 2. Панорамное изображение лога и примыкающей террасы на мысе Болванский Нос (северо-запад Большеземельской тундры), подготовленное по результатам обработки снимков БПЛА Mavic Pro; диагностические синтаксоны: 1 – *Dryado octopetalae–Hylocomietum splendidis* субасс. *caricetosum capillaris*; 2 – *Hylocomio splendidis–Salicetum glaucae*; 3 – *Vicio sepium–Salicetum lanatae*; 4 – *Salici polaris–Sibbaldietum procumbentis*; 5 – эрозионные склоны; 6 – *Caricetum aquatilis* [по: Lavrinenko, 2023].

Fig. 2. Panoramic image of a ravine and adjacent terrace on Cape Bolvanskiy Nos (northwest of Bolshezemelskaya tundra), prepared based on the results of processing Mavic Pro UAV images; diagnostic syntaxa: 1 – *Dryado octopetalae–Hylocomietum splendidis* subass. *caricetosum capillaris*; 2 – *Hylocomio splendidis–Salicetum glaucae*; 3 – *Vicio sepium–Salicetum lanatae*; 4 – *Salici polaris–Sibbaldietum procumbentis*; 5 – rose slopes; 6 – *Caricetum aquatilis* [by Lavrinenko, 2023].

Биотопы категорий второго уровня (Ab1, ..., Cb3) различаются по положению на обобщенном геоморфологическом профиле: от наиболее высоких позиций (Ab1 – элювиальные местоположения) до наиболее низких (Cb3 – аккумулятивные морские террасы) (Рис. П3). При выделении категорий биотопов третьего уровня наряду с положением на профиле учтены особенности субстрата (например, Ab1.1 – песчаные, Ab1.2 – суглинисто-щебнистые карбонатные, Ab1.3 – глееземы и торфяно-глееземы). Большинство групп 1-3 уровней хорошо различаются на материалах ДЗЗ, что открывает широкие возможности использования спутниковых снимков для их диагностики.

Для выделения категорий местообитаний четвертого и более низких уровней применены физиономические (окраска, текстура) и спектральные (индексы, сигнатуры) характеристики. Каждая категория диагностируется ТЕР соответствующего ранга и синтаксономического состава, категории третьего уровня – классами, четвертого – типами ТЕР (Рис. П4).

При работе на ключевых участках для диагностики типов растительных сообществ и местообитаний использовали БПЛА DJI Mavic Pro и Phantom P4 Multispectral. Это позволило получить мозаики сотен снимков на каждом участке для разных категорий местообитаний. Мы рассматриваем снимки с БПЛА разных типов биотопов в качестве их важнейших диагностических характеристик. Такие снимки, обработанные соответствующим образом, дают отчетливое представление о выделяемом типе местообитаний, его физиономических характеристиках, положении в ландшафте (Рис. 2), что важно для лучшего распознавания объекта в природе.

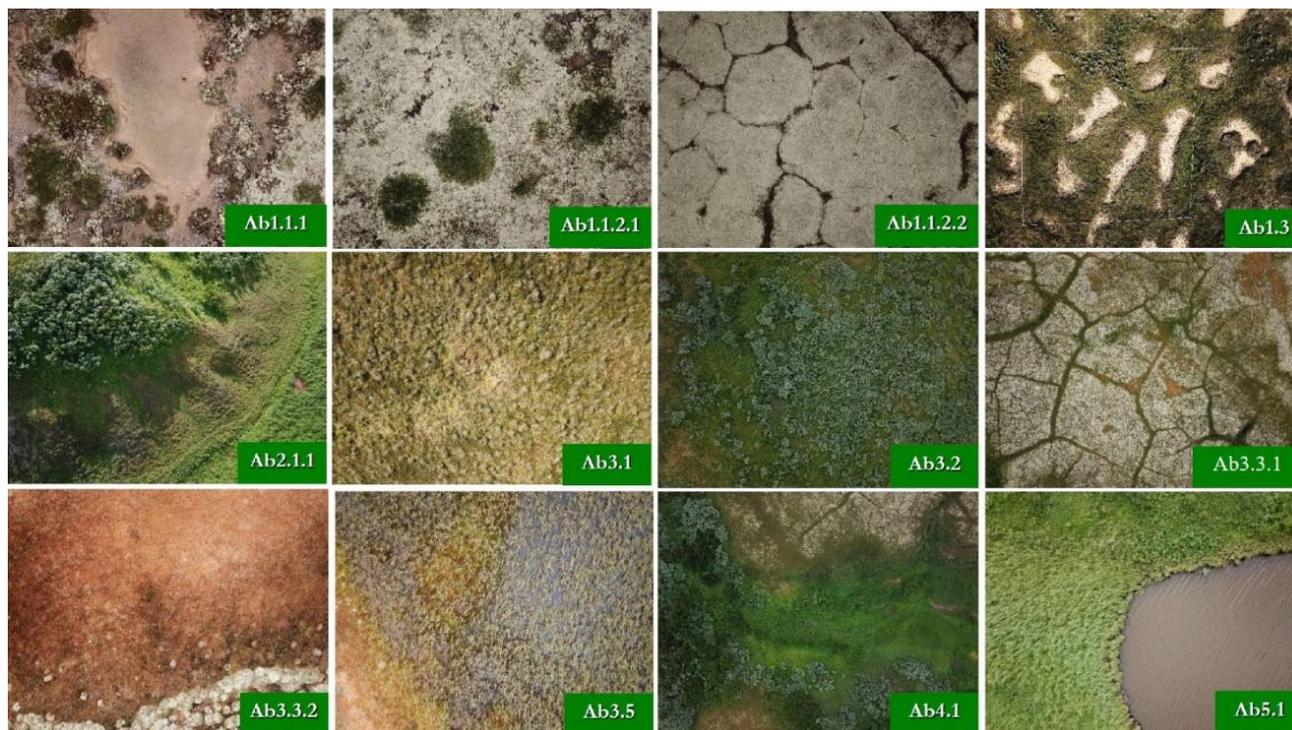


Рис. 3. Снимки с БПЛА разных категорий местообитаний восточноевропейских тундр (Ab1.1.1 – псаммофитные биотопы наиболее возвышенных участков водоразделов; Ab1.1.2.1 – дренированные биотопы плоских террас, покрытых лишайниковыми и ерничково-лишайниковыми тундрами; Ab1.1.2.2 – то же, с выраженной полигонизацией нанорельефа; Ab1.3 – биотопы элювиальных ландшафтов с суглинистыми (нейтральными) субстратами; Ab2.1.1 – нивальные биотопы склонов понижений, сопков, увалов; Ab3.1-Ab3.5 – болотные биотопы (см. в тексте); Ab4.1 – биотопы неглубоких ложбин стока; Ab5.1 – биотопы приозерных понижений).

Fig. 3. UAV images of different habitat categories in the East European tundra (Ab1.1.1 – psammophytic biotopes of the most elevated areas of watersheds; Ab1.1.2.1 – drained biotopes of flat terraces covered with lichen and dwarf-shrub-lichen tundra; Ab1.1.2.2 – the same, with distinct polygonization of the nanorelief; Ab1.3 – biotopes of eluvial landscapes with loamy (neutral) substrates; Ab2.1.1 – snowbed biotopes on slopes of depressions, hills, ridges; Ab3.1-Ab3.5 – mire biotopes (see text); Ab4.1 – biotopes of shallow runoff gully; Ab5.1 – lakeside depression biotopes).

Планируется иллюстрировать выделяемые категории биотопов Каталога местообитаний восточноевропейских тундр материалами съемки с БПЛА – качественными снимками для эталонных участков, отражающих все (или большую часть) элементы физиономического облика растительного покрова и пространственной структуры (распределение элементов в пределах участка), характерных для той или иной категории местообитаний (Рис. 3). Это облегчит узнавание биотопов в природе более широкому кругу людей, занятых в области экологического образования и природоохранной сфере, позволит получить представление как об общем разнообразии биотопов определенной территории, так и об объектах, нуждающихся в разной степени охраны. В работе будут приведены географические координаты положения эталонных объектов.

Важнейшим элементом при подготовке карт распределения местообитаний по территории служит цифровая модель рельефа (ЦМР), которая, с одной стороны, позволяет визуально оценить

распределение биотопов по элементам рельефа (Рис. 4), с другой – использовать ЦМР в качестве дополнительного слоя к спектральным каналам при обработке спутниковых снимков в рамках специализированных программ и выполнении операций по сегментации и классификации. В этой работе использована модель Arctic DEM 4 (<https://www.pgc.umn.edu/news/arcticdem-mosaic-4-1-release-august-2023/>), которая доступна для всей территории Земли севернее 60° с. ш., имеет разрешение 2 м/пикс. В настоящее время ArcticDEM обладает наилучшей детальностью по сравнению с другими подобными ЦМР (AW3D30, AsterGDEM2 и др.). Комбинация Arctic DEM 4 с материалами многозональных снимков сверхвысокого разрешения позволяет изучить и охарактеризовать распределение растительности и местообитаний по элементам рельефа.



Рис. 4. Распределение растительных сообществ, диагностирующих разные категории местообитаний, по элементам ландшафта в долине р. Лая и на примыкающей террасе (Большеземельская тундра). Подготовлено по материалам обработки спутникового снимка Quick Bird в комбинации с ЦМР (Arctic DEM 4); кодировка приведена для болотных биотопов.

Fig 4. Distribution of plant communities diagnosing different categories of habitat across landscape elements in the Laya River valley and on the adjacent terrace (Bolshezemelskaya tundra). Prepared based on processing of the Quick Bird satellite image in combination with the DEM (Arctic DEM 4); coding is given for mire biotopes.

При подготовке карт распределения местообитаний разного ранга в пределах ключевых участков применена сегментация спутниковых изображений высокого разрешения, после которой дальнейшие процессы классификации и тематической обработки проведены на уровне сегментов. При создании карты распределения болотных местообитаний, сегментация снимков сверхвысокого разрешения (Quick Bird) и слоя Arctic DEM 4 (разрешение 2 м) выполнена методом среднего сдвига в ПО ArcGIS. Обучающая выборка сегментов формируется на основе материалов геоботанических описаний и экспертной диагностики отдельных объектов, хорошо различимых на снимках сверхвысокого разрешения или БПЛА. Для каждого ключевого участка используется от 30 до 70 полных геоботанических описаний и не менее 50, полученных при диагностике объектов на снимках. В качестве проверочных используются краткие описания (50-100), выполненные во время проведения полевых работ и диагностики картируемых объектов на местности. Пример карты распределения болотных местообитаний, подготовленной с помощью обучающей выборки методом управляемой классификации, выполнен для фрагмента ключевого участка в бассейне р. Северная в Большеземельской тундре (Рис. 5).

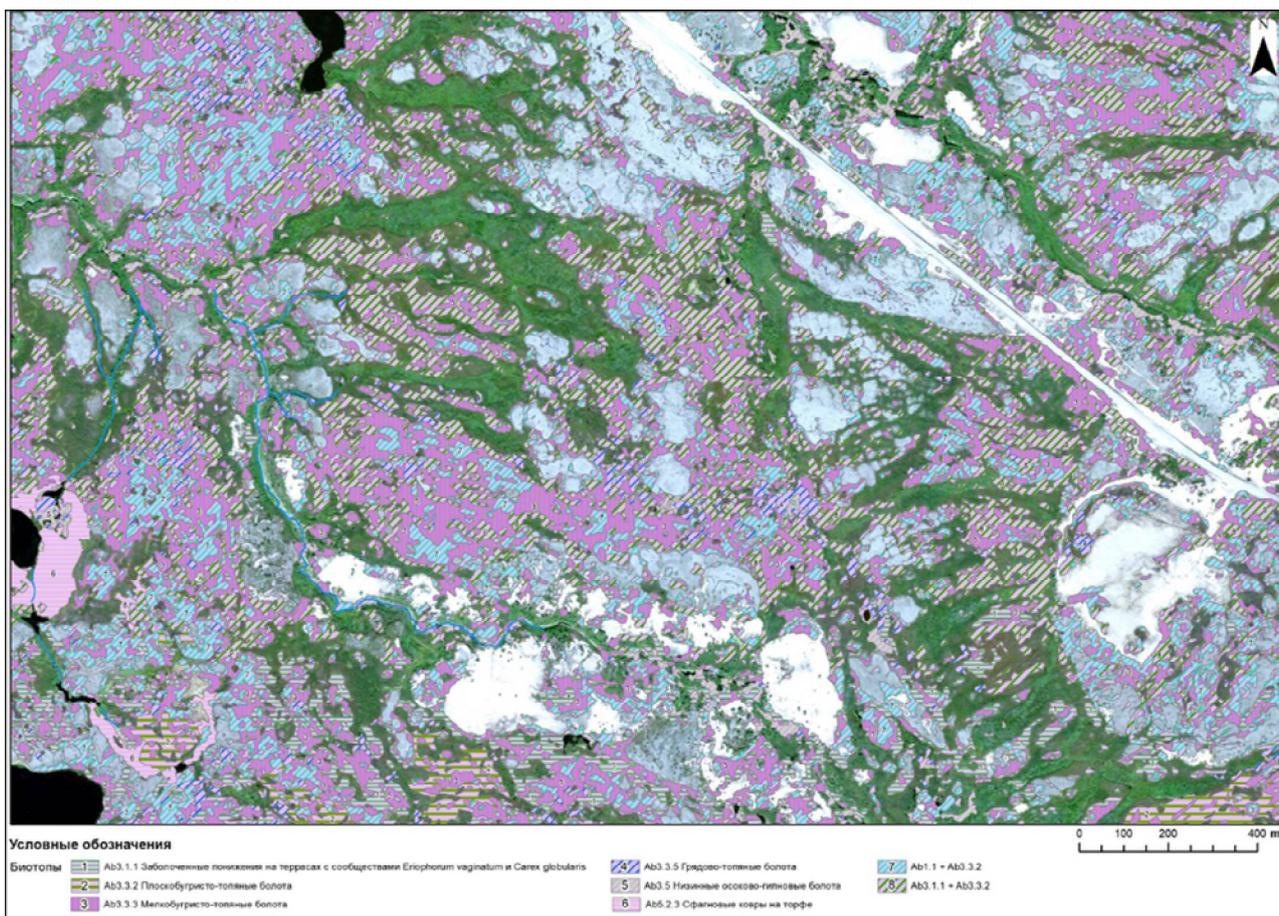


Рис. 5. Карта распределения болотных местообитаний в пределах ключевого участка в бассейне р. Северная (Большеземельская тундра, координаты центра участка – 67°38'3" с. ш., 54°02'10" в. д.). Пояснения к условным обозначениям приведены в тексте.

Fig. 5. Map of distribution of mire habitats within the key site in the Severnaya River basin (Bolshezemelskaya tundra, coordinates of the site center – 67°38'3" N, 54°02'10" E). Explanations of the notations are given in the text.

На ключевых участках восточноевропейских тундр выделяются категории, имеющие высокую ресурсную значимость и высокую численность редких и нуждающихся в охране объектов животного и растительного мира (Красный список местообитаний). Паспорт, который разрабатывается для каждой категории, содержит: название местообитания, соответствие категории EUNIS (если есть), название ТЕР, синтаксономический состав растительности (союзы, ассоциации и субассоциации), словесную характеристику растительности, диагностические виды (характерные, доминанты и константные), экологические параметры (местоположение на геоморфологическом профиле, условия увлажнения, почвы, мерзлота и пр.), распространение в НАО, виды Красной книги Ненецкого автономного округа [Red Book..., 2020], угрозы и лимитирующие факторы, фотоматериалы, а также ресурсную значимость биотопа для биоты и человека.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Болотные биотопы в Каталоге местообитаний восточноевропейских тундр отнесены к категории второго уровня – Ab3 и пяти категориям третьего уровня – Ab3.1–Ab3.5, две из которых (Ab3.1 и Ab3.3) расклассифицированы до четвертого уровня (3.1.1–3.1.2 и Ab3.3.1–3.3.8). Учитывая ограниченный объем публикации, далее приведена краткая характеристика разделов паспорта выделенных категорий болотных биотопов и выборочно – иллюстративный материал.

Ab3 МЕСТООБИТАНИЯ БЕССТОЧНЫХ ИЛИ ПОЛУБЕССТОЧНЫХ АККУМУЛЯТИВНО-ЭЛЮВИАЛЬНЫХ ЛАНДШАФТОВ

Ab3.1 Заболоченные террасы на водоразделах с травяно- (осоково- и пушицево-) и кустарничково-моховыми (сфагновыми и зеленомошными) сообществами на кислых торфяных и торфянистых переувлажненных почвах.

ТЕР *PLEUROZIO SCHREBERI-ERIPHOROCHORIETEA VAGINATI* I. et O. Lavrinenko 2021.

Ab3.1.1 Заболоченные понижения на террасах с сообществами *Eriophorum vaginatum* и *Carex globularis* с кустарничково-морошково-лишайниково-моховым покровом.

ТЕР *PLEUROZIO SCHREBERI-ERIPHOROCHORIETUM VAGINATI* I. et O. Lavrinenko, 2021.

Синтаксономия. *Oxycocco microcarpi-Empetrium hermaphroditum* Nordhagen ex Du Rietz 1954: *Pleurozium schreberi-Eriophoretum vaginatum* O. et I. Lavrinenko in Lavrinenko et al. 2021 (*typicum, shagnetosum lenenses, shagnetosum russowii*), *Pleurozium schreberi-Caricetum globularis* O. et I. Lavrinenko 2015 nom. invers.

Растительность. Кочкарники кустарничково-морошково-лишайниково-моховые с доминированием *Eriophorum vaginatum* и участием видов рода *Sphagnum*; осоково-кустарничково-морошково-лишайниково-моховые сообщества, салатно-зеленый аспект в которых создает *Carex globularis*. В кочкарниках из *Eriophorum vaginatum* пространство между равномерно рассеянными по поверхности кочками пушицы занимают кустарнички, морошка и мхи (зеленые – *Aulacomnium palustre*, *Dicranum elongatum*, *D. laevidens*, *Pleurozium schreberi*, с участием сфагновых – *Sphagnum balticum*, *S. lenense*, *S. russowii*). В некоторых сообществах кочки пушицы концентрируются вокруг пятен близко залегающего суглинка – на пятнах преобладают кустистые кладонии, на основных поверхностях покров кустарничково-морошково-моховой. В сообществах с *Carex globularis* в напочвенном покрове преобладают мхи (*Sphagnum warnstorffii*, *Pleurozium schreberi*) или лишайники (*Cladonia arbuscula*, *C. rangiferina* и *Flavocetraria cucullata*), или их соотношение может быть примерно одинаковым.

Диагностические виды. Сосудистые: *Andromeda polifolia* subsp. *pumila*, *Carex globularis*, *Eriophorum vaginatum*, *Betula nana*, *Empetrum hermaphroditum*, *Ledum palustre* subsp. *decumbens*, *Oxycoccus microcarpus*, *Pinguicula villosa*, *Vaccinium uliginosum* subsp. *microphyllum*, *V. vitis-idaea* subsp. *minus*, *Rubus chamaemorus*; мохообразные: *Aulacomnium palustre*, *Dicranum elongatum*, *D. laevidens*, *Pleurozium schreberi*, *Polytrichum jensenii*, *Sphagnum balticum*, *S. lenense*, *S. russowii*, *S. warnstorffii*; лишайники: *Cetraria islandica* subsp. *crispiformis*, *Cladonia arbuscula*, *C. gracilis* subsp. *elongata*, *C. rangiferina*, *Flavocetraria cucullata*, *Ochrolechia frigida*, *Peltigera scabrosa*.

Экология. Умеренно оторфованные водораздельные понижения с затрудненным стоком и дополнительным водным питанием за счет натечных вод. Часто – переходные участки между зональными пятнистыми тундрами на плакорах и плоскобугристыми болотами в депрессиях водоразделов. В южных тундрах кочкарники и осоковые ценозы зачастую примыкают друг к другу и чередуются полосами (десятки метров шириной). Почвы: торфяно-глезем мерзлотный, толщина торфа – 10-25 (в кочкарниках до 45) см, ниже – сырой оглеенный суглинок. При кочковато-пятнистой структуре сообществ под пятнами лишайников вблизи поверхности находится минеральный горизонт и мощность торфа не превышает 5 см, за краем пятна его граница резко уходит вглубь.

Распространение. В подзонах типичных и южных тундр в Большеземельской и Малоземельской тундрах и на о-ве Колгуев, преимущественно в районах с холмисто-увалистым или мелкосопочным рельефом, где на поверхность выходят суглинистые отложения. На севере тундровой зоны большие площади занимают кочкарники из *Eriophorum vaginatum*, на юге тундровой зоны и в северной лесотундре большее распространение имеют сообщества с *Carex globularis*. Занятые пушицевыми кочкарниками пространства особенно значительны на о-ве Колгуев – почти 28 тыс. га, или 5.9% от площади острова.

Ресурсная значимость. Пушица *Eriophorum vaginatum* – ценный зеленый ранневесенний и осенний корм (протеин – 15%), отава, важнейший подснежный зеленый корм домашнего северного оленя (сохраняет до 50% зелени); осока *Carex globularis* – ценный осенний корм, отава, подснежный зеленый корм [Aleksandrova et al., 1964].

Виды Красной книги Ненецкого автономного округа [Red Book..., 2020]. Лишайники: *Cetraria laevigata* (категория 3), *Peltigera membranacea* (Приложение 3).

Угрозы и лимитирующие факторы. Термозрозия, обусловленная деградацией многолетнемерзлых грунтов. Сток загрязняющих веществ с более высоких элементов рельефа.

Фото. Примеры местообитаний заболоченных понижений на террасе с кустарничково-морошково-моховым сообществом с доминированием пушицы *Eriophorum vaginatum* на о-ве Колгуев

(подзона типичных тундр) (Рис. П5а) и с доминированием *Carex globularis* в бассейне р. Ячей (запад Большеземельской тундры, подзона южных тундр) (Рис. П5б).

Ab3.1.2 Заболоченные низкие морские террасы с ивово- (*Salix reptans*, *S. glauca*) кустарничково- или воронично-моховыми (сфагново-зеленомошными) сообществами.

ТЕР *ANDROMEDO PUMILAE–SALICICHORIETUM REPTANTIS* I. et O. Lavrinenko 2021.

Синтаксономия. *Aulacomnio palustris–Caricion rariflorae* O. et I. Lavrinenko 2021: *Andromedo pumilae–Salicetum reptantis* O. et I. Lavrinenko 2021, *Carici rariflorae–Salicetum glaucae* O. et I. Lavrinenko 2018, *Carici stantis–Aulacomnietum palustris* Lavrinenko, Matveyeva et Lavrinenko 2016, com. *Dicranum laevidens–Empetrum hermaphroditum*.

Растительность. Кустарничково-моховые сообщества с зелеными и сфагновыми мхами, ивово-осоково-моховые сообщества с низкорослыми кустарничковыми ивами (*Salix glauca*, *S. lanata*, *S. reptans*), вороничники моховые (дикрановые и сфагновые). Внешний облик и местообитания (в том числе почвенные условия) сообществ позволяют отнести их к болотной растительности.

Диагностические виды. Сосудистые: *Carex rariflora*, *Empetrum hermaphroditum*, *Luzula wahlenbergii*, *Pedicularis sudetica* subsp. *arctoeuropaea*, *Salix glauca*, *S. reptans*; мохообразные: *Aulacomnium palustre*, *Sanionia uncinata*, *Sphagnum fimbriatum*.

Экология. Обширные заболоченные приморские низменности, включая тыловые части маршей и переходную зону от маршей к тундрам. Почвы: иловато-торфяные, болотные торфянисто-глеевые или перегнойно-глеевые на морских отложениях, торфяные, торфяные тундровые грунтово-слабоглееватые, торфяно-глеезем, торфяно-криозем.

Распространение. Приморские районы Большеземельской и Малоземельской тундр и о-ва Колгуев, подзоны типичных и южных тундр.

Ресурсная значимость. Ивы *Salix glauca* и *S. reptans* – исключительно высокопитательный (протеин – 19-27%, сахара – 5-30%, витамины, минеральные и азотистые вещества) основной летний корм домашнего северного оленя [Aleksandrova et al., 1964].

Виды Красной книги Ненецкого автономного округа [Red Book..., 2020] (категория или Приложение 3 к ней). Сосудистые растения: *Corallorrhiza trifida* (Приложение 3), *Pedicularis labradorica* (Приложение 3), *Ranunculus spitzbergiensis* (1), *Rhodiola rosea* (3). Лишайники: *Peltigera membranacea* (3).

Фото. Пример местообитания заболоченной приморской низменности с ивово-осоково-моховым сообществом с низкорослыми кустарничковыми ивами (*Salix lanata*, *S. reptans*) в районе Паханческой губы (Большеземельская тундра, подзона типичных тундр) (Рис. П6).

Ab3.2 Ивово(*Salix myrsinites*)-моховые заболоченные сообщества с высоким участием видов-гемикальцефитов на субстратах, обогащенных основаниями.

ТЕР *EQUISETO PALUSTRIS–SALICICHORIETEA MYRSINITAE* I. et O. Lavrinenko nov.

Синтаксономия. *Caricion atrofusco-saxatilis* Nordhagen 1943: *Carici redowskianae–Salicetum myrsinitae* O. et I. Lavrinenko 2020, *Equiseto palustris–Salicetum myrsinitae* O. et I. Lavrinenko 2020.

Растительность. Ивово-осоково/хвощово-моховые сообщества с доминированием невысокой (15-30 см выс.) *Salix myrsinites*, зеленых (*Aulacomnium turgidum*, *Hylocomium splendens*, *Limprichtia revolvens*, *Tomentypnum nitens*) и сфагновых (*Sphagnum warnstorffii*) мхов, с высоким участием видов-гемикальцефитов.

Диагностические виды. Сосудистые: *Bartsia alpina*, *Bistorta vivipara*, *Carex capillaris*, *C. parallela* subsp. *redowskiana*, *C. rariflora*, *Equisetum palustre*, *E. variegatum*, *Pedicularis oederi*, *P. sudetica* subsp. *arctoeuropaea*, *Pinguicula alpina*, *P. vulgaris*, *Pyrola grandiflora*, *Salix myrsinites*, *S. reticulata*, *Saxifraga hirculus*, *Thalictrum alpinum*, *Tofieldia pusilla*; мохообразные: *Bryum pseudotriquetrum*, *Campylium stellatum*, *Catocopium nigratum*, *Cinclidium arcticum*, *Hylocomium splendens*, *Limprichtia revolvens*, *Meesia uliginosa*, *Sphagnum warnstorffii*, *Tomentypnum nitens*.

Экология. Прогибы террас разного уровня на водоразделах, умеренно оторфованные, с дополнительным питанием за счет натечных вод, со средним снегонакоплением, на субстратах, обогащенных основаниями. Почвы: торфяно-глеезем, перегнойно-торфяно-глеезем.

Распространение. Острова Колгуев, Долгий и Вайгач, северо-восток Малоземельской и север Большеземельской тундр, подзона типичных тундр.

Ресурсная значимость. Мытники (*Pedicularis oederi*, *P. sudetica* subsp. *arctoeuropaea*) – исключительно высокопитательный (протеин – 16-24%) летний и осенний корм, зимой поедаются корневища; другое разнотравье (*Saxifraga hirculus*, *Pyrola grandiflora*, *Tofieldia pusilla*) – подснежный

корм (у первого поедаются побуревшие остатки, у двух других – зеленые подснежные части); кустарничковая ива *Salix reticulata* – ценный летний и подснежный зеленый корм домашнего северного оленя [Aleksandrova et al., 1964].

Виды Красной книги Ненецкого автономного округа [Red Book..., 2020]. Сосудистые: *Corallorrhiza trifida*, *Eritrichium villosum*, *Pedicularis labradorica* и *Pinguicula alpina* (Приложение 3); мохообразные: *Catoscopium nigratum*, *Tayloria lingulata* (Приложение 3). Лишайники: *Cladonia acuminata* (категория 3), *Peltigera membranacea* (3).

Угрозы и лимитирующие факторы. Сток загрязняющих веществ с более высоких элементов рельефа.

Фото. Пример местообитания заболоченного понижения на террасе с ивово-хвощово-моховым сообществом с доминированием *Equisetum palustre* и участием видов-гемикальцефитов в бассейне р. Хыльчуу (Большеземельская тундра, граница подзон типичных и южных тундр) (Рис. П7).

Ab3.3 Торфяники в депрессиях рельефа, где в голоцене шло активное торфонакопление.

EUNIS. D3.11. Palsa mires. D3.11. Palsa mounds [EUNIS, 2012-2019].

ТЕР *RUBO CHAMAEMORI–DICRANOCHORIETEA ELONGATI* I. et O. Lavrinenko 2021.

Синтаксономия. На торфяных возвышениях: *Rubo chamaemori–Dicranion elongati* O. et I. Lavrinenko 2015: *Rubo chamaemori–Dicranetum elongati* Dedov ex O. et I. Lavrinenko 2015 (*typicum*, *inops* (Bogdanowskaya-Guihéneuf 1938) O. et I. Lavrinenko 2015 и *caricetosum rariflorae* O. et I. Lavrinenko 2015), *Tephroserido atropurpureae–Polytrichetum stricti* O. et I. Lavrinenko 2015, com. *Cladonia arbuscula–Dicranum elongatum* Aleksandrova 1956; в понижениях: *Caricion stantis* Matveyeva 1994: *Carici rariflorae–Limprichtietum revolventis* Lavrinenko, Matveyeva et Lavrinenko 2016, *Carici stantis–Limprichtietum revolventis* Lavrinenko, Matveyeva et Lavrinenko 2016; *Drepanocladion exannulati* Krajina 1933: *Carici stantis–Sphagnetum squarrosi* Lavrinenko, Matveyeva et Lavrinenko 2016; *Scheuchzerion palustris* Nordhagen ex Tx. 1937, *Caricion rariflorae* Lavrinenko, Matveyeva et Lavrinenko 2016: *Carici rariflorae–Sphagnetum lindbergii* Andreev ex Lavrinenko, Matveyeva et Lavrinenko 2016, *Carici rariflorae–Sphagnetum baltici* Andreev ex Lavrinenko, Matveyeva et Lavrinenko 2016 (*typicum* и *sphagnetosum lindbergii*), *Carici stantis–Sphagnetum lindbergii* Lavrinenko, Matveyeva et Lavrinenko 2016, *Carici rotundatae–Sphagnetum lindbergii* Nordhagen ex Lapshina in Lapshina et al. 2022 (*typicum* и *eriphoretosum russeoli* Lapshina, Filippov et Ganasevich 2022), *Carici rotundatae–Sphagnetum baltici* Lapshina in Lapshina et al. 2022 (*typicum* и *eriphoretosum russeoli* Lapshina in Lapshina et al. 2022).

Растительность. Кустарничково-морозково-мохово-лишайниковые сообщества на сухих мерзлых торфяных возвышениях в комплексе с осоково-сфагновой растительностью омбротрофных топей с доминированием олиготрофных видов сфагновых мхов (на континентальных территориях) или с осоково-моховой растительностью мезотрофных топей с доминированием гипновых мхов (преимущественно на островах).

Экология. Морские и речные террасы с понижениями и затрудненным дренажом, сложенные песчаными и суглинистыми отложениями, которые перекрыты слоем биогенных отложений – торфом. Почвы: торфяные, для бугров характерна значительная (0.5-3.0 м) мощность, мерзлое состояние и хорошая степень разложения торфа, затухание или прекращение современного торфообразования. В сырых топях процесс торфообразования продолжается, верхние горизонты торфа слабо разложены.

Распространение. Полигональные и мелкобугристые торфяники распространены на островах Колгуев, Вайгач и Долгий с прилегающими малыми островами, занимают также низкие морские террасы в прибрежных районах Баренцева моря; плоскобугристые – основной ареал имеют в пределах Канинской, Тиманской, Малоземельской и Большеземельской тундры, но встречаются и на островах; крупнобугристые и малорасчлененные – на юге тундровой зоны и в лесотундре, в северной части Тиманского Кряжа.

Угрозы и лимитирующие факторы. Для всех торфяников (Ab3.3.1–Ab3.3.5) – усиление криогенных процессов в связи с потеплением климата, перевыпас домашних северных оленей, техногенные нарушения.

В морфологическом отношении торфяники представлены полигонально-трещиноватыми, плоско-, мелко-, крупнобугристо-топяными и грядово-топяными (Ab3.3.1–Ab3.3.5), границы которых часто сопряжены, а также единично встречающимися валиково-полигональновогнутыми болотами (Ab3.3.6). В подзоне типичных и южных тундр наиболее высокие позиции в рельефе занимают

полигональные болота, на промежуточных уровнях – мелко- и плоскобугристо-топяные, на низких – грядово-топяные, часто обводненные в срединных частях топей. Соотношение, размеры и площади торфяных возвышений и понижений варьируют. В лесотундре плоско- и крупнобугристо-топяные болота распределены сопряженно, первые приурочены к периферии болотных комплексов, вторые – к центральным частям. На юге тундровой зоны и в лесотундре есть также малорасчлененные торфяники (Ab3.7.7). Плоские или слегка выпуклые крупные (20 м и более в поперечнике, 2 м и более выс.) отдельно стоящие торфяные бугры (Ab3.3.8) встречаются на пониженных элементах рельефа (ложбины стока, подножия склонов в местах перегибов террас). Торфяные возвышения характеризуются схожестью экологических условий: олиготрофность, повышенная кислотность, неглубокое залегание мерзлоты, хорошая дренированность и сухость верхнего слоя торфа, умеренный снежный покров зимой. Трещины и топи представляют собой сложную первичную гидрографическую сеть, по которой осуществляется сток с болота.

Ab3.3.1 Полигонально-трещиноватые болота.

EUNIS. Близко к D3.31. Polygon mire ridges; D3.32. Polygon mire hollows [EUNIS, 2012-2019].

ТЕР *Tephroserido atropurpureae–Polytrichochorietum stricti* I. et O. Lavrinenko nov.

Синтаксономия. На полигонах: *Tephroserido atropurpureae–Polytrichetum stricti*, com. *Cladonia arbuscula–Dicranum elongatum*; *Rubus chamaemori–Dicranetum elongati inops*; в трещинах: *Carici rariflorae–Limprichtietum revolvantis*, *Carici stantis–Limprichtietum revolvantis*, *Carici rariflorae–Sphagnetum baltici typicum*.

Растительность. Олиготрофные кустарничково-мохово-лишайниковые сообщества с преобладанием в напочвенном покрове кустистых лишайников, дикрановых и политриховых мхов (сфагновые редки или отсутствуют) на плоских поверхностях полигонов в комплексе с евтрофными или мезотрофными морошково-сфагновыми сообществами в неглубоких трещинах, или осоково-моховыми – в более глубоких и сырых понижениях, и осоково-гипновыми – в сырых расширенных трещинах (на островах).

Диагностические виды. На полигонах: сосудистые: *Luzula confusa*, *L. wahlenbergii*, *Poa arctica*, *Rubus chamaemorus*, *Salix polaris*, *Saxifraga cernua*, *S. foliolosa*, *Tephroseris atropurpurea*; мохообразные: *Dicranum elongatum*, *Ditrichum flexicaule*, *Lophozia* sp., *Polytrichum strictum*; лишайники: *Cladonia arbuscula* s. l., *C. rangiferina*; в трещинах: сосудистые: *Carex rariflora*, *Dupontia pelligera*, *Pedicularis sudetica* subsp. *arctoeuropaea*; мохообразные: *Calliergon giganteum*, *Campyllum stellatum*, *Limprichtia revolvans*, *Polytrichum jensenii*, *Sphagnum balticum*.

Экология. Занимают относительно ровные участки водоразделов. Полигоны плоские, без валиков по краям, 3-5-угольной формы, иногда со скругленными углами, имеют размеры 0.2-0.7 м высотой и от 5 до 20 м в поперечнике. Нанорельеф на поверхности полигонов не выражен или редко бугорковый – бугорки 5-15 см высотой, равномерно распределенные, округлые, с покатыми или пологими бортами. Полигоны прерываются сырыми понижениями (трещинами) 0.5 м (до 1-2) м шириной. Почвы: торфяные, мерзлые, в начале – середине июля торф оттаивает на глубину 15-20 см. На торфяниках на морском побережье на материке и на о-ве Вайгач торф маломощный – 0.15-0.3 м, на островах Колгуев и Долгий – до 0.5-0.7 м.

Распространение. Повсеместно в подзоне типичных тундр в зоне сплошного распространения многолетнемерзлых пород: острова Колгуев, Долгий, Вайгач, на Тиманском и Малоземельском побережьях Баренцева моря.

Ресурсная значимость. Морошка (*Rubus chamaemorus*) – ценный ранневесенний и зимний корм домашнего северного оленя, поедаются засохшие листья и корневища, летом поедаются листья, цветы, плоды, ягоды поедаются гусеобразными; кустарничковая ива (*Salix polaris*) – ценный летний корм домашнего северного оленя; разнотравье (*Pedicularis sudetica* subsp. *arctoeuropaea*, *Saxifraga cernua*, *Tephroseris atropurpurea*) – ценный летний и весенний корм; ожики (*Luzula* sp.) поедаются оленями весной при отрастании; ягель (кустистые *Cladonia*) – главнейший (по поедаемости и запасам) зимний корм, летом хорошо поедается оленями во влажном состоянии, богат углеводами (95%), практически лишен протеина (2%) и минеральных веществ, в том числе азота, содержит витамин С [Aleksandrova et al., 1964].

Виды Красной книги Ненецкого автономного округа [Red Book..., 2020]. Сосудистые: *Cardamine bellidifolia* (категория 3), *Tephroseris atropurpurea* (Приложение 3); лишайники: *Lichenomphalia hudsoniana* (категория 7), *Masonhalea inermis* (3), *Dactylina arctica* (Приложение 3).

Фото. Пример местообитания полигонально-трещиноватого болота на о-ве Вайгач (подзона типичных тундр) (Рис. П8).

Ab3.3.2 Плоскобугристо-топяные болота.

EUNIS. D3.11. Palsa mires; близко к D2.2931. Sedge and cottongrass boreoalpine [*Sphagnum lindbergii*] mires [EUNIS, 2012-2019].

ТЕП **RUBO CHAMAEMORI–DICRANETUM ELONGATI—CARICI RARIFLORAE–SPHAGNOCHORIETUM BALTICI** I. et O. Lavrinenko nov.

Синтаксономия. На буграх: *Rubo chamaemori–Dicranetum elongati* (*typicum*, *inops* и *caricetosum rariflorae*); в топях: *Carici rariflorae–Sphagnetum lindbergii*, *Carici rariflorae–Sphagnetum baltici* (*typicum* и *sphagnetosum lindbergii*), *Carici stantis–Sphagnetum lindbergii*, *Carici rotundatae–Sphagnetum lindbergii* (*typicum* и *eriphoretosum russeoli*).

Растительность. Олиготрофные кустарничково-мохово-лишайниковые сообщества с преобладанием кустистых лишайников, дикрановых и политриховых мхов на плоских сухих поверхностях мерзлых торфяных бугров в комплексе с осоково (*Carex rariflora*, *C. rotundata*, *C. aquatilis* subsp. *stans*)-сфагновыми сообществами в омбротрофных топях с доминированием олиготрофных видов сфагновых мхов (*Sphagnum balticum*, *S. lindbergii*), реже в местах с проточным увлажнением – с покровом *S. squarrosum*.

Диагностические виды. На буграх: сосудистые: *Andromeda polifolia* subsp. *pumila*, *Betula nana*, *Empetrum hermaphroditum*, *Ledum palustre* subsp. *decumbens*, *Rubus chamaemorus*, *Vaccinium uliginosum* subsp. *microphyllum*, *V. vitis-idaea* subsp. *minus*; мохообразные: *Dicranum elongatum*, *Polytrichum strictum*; лишайники: *Cladonia arbuscula* s. l., *C. rangiferina*, *C. stellaris*, *Flavocetraria nivalis*, *Ochrolechia frigida*. В топях: сосудистые: *Carex aquatilis* subsp. *stans*, *C. rariflora*, *C. rotundata*, *Eriophorum russeolum*, *E. scheuchzeri*; мохообразные: *Polytrichum jensenii*, *Sphagnum balticum*, *S. lindbergii*; лишайники: *Cetrariella delisei*, *C. fastigiata*.

Экология. Плоские и относительно низкие (от 0.3-0.5 м высотой на севере до 1.0-1.5 м на юге) торфяные бугры обычно округлой или овальной формы, 10-20 м в поперечнике, чередуются с мокрыми топями. Соотношение бугров и топей в комплексе сильно варьирует – каждый из элементов может занимать до 80% площади. Нанорельеф на поверхности бугров не выражен или бугорковый – бугорки 10-20 см высотой, равномерно распределенные, округлые, с покатыми или пологими бортами. Почвы: торфяные, мерзлые, с кислой реакцией среды, в разных районах и в разные летние месяцы торф оттаивает на глубину 20-35 см.

Распространение. Повсеместно на материке в подзоне южных тундр, встречаются также в подзоне типичных тундр на островах Колгуев, Долгий, Вайгач и в приморских районах, в зоне сплошного и прерывистого распространения многолетнемерзлых пород.

Ресурсная значимость. Для домашнего северного оленя: ягель (кустистые *Cladonia*) – главнейший (по поедаемости и запасам) зимний корм, летом хорошо поедается оленями во влажном состоянии, богат углеводами (95%); флавоцетрарии (*Flavocetraria* spp.) – ценный ранневесенний корм (поскольку занимают повышенные элементы рельефа, рано освобождающиеся от снега), хорошо поедается зимой и во влажном состоянии, лишайники практически лишены протеина (2%) и минеральных веществ, в том числе азота, содержат витамин С; карликовая береза (*Betula nana*) – исключительно высокопитательный, основной летний корм; осоки (*Carex* spp.) – ценный осенний, поздневесенний и важнейший подснежный зеленый корм (поедаются отава, основания стеблей и листьев, молодые зеленые листья, сохраняется до 30% зелени); пушицы (*Eriophorum* spp.) – ценный осенний и подснежный зеленый корм (поедается отава, сохраняет 5-8% зелени), содержит 19% протеина; морошка (*Rubus chamaemorus*) – ценный ранневесенний и зимний корм, поедаются засохшие листья и корневища, летом поедаются листья, цветы, плоды. Ягодные кустарнички (*Empetrum hermaphroditum*, *Oxycoccus microcarpus*, *Rubus chamaemorus*, *Vaccinium* spp.) – в период созревания плоды поедаются животными и птицами, заготавливаются и широко используются человеком в пищу в сыром и переработанном виде, источник витаминов [Aleksandrova et al., 1964].

Виды Красной книги Ненецкого автономного округа [Red Book..., 2020]. Лишайники: *Lichenomphalia hudsoniana* (7), *Masonhalea inermis* (3), *Dactylina arctica* (Приложение 3).

Фото. Пример местообитания плоскобугристо-топяного болота в бассейне р. Ячей (Большеземельская тундра, подзона южных тундр) (Рис. П9).

Ab3.3.3 Мелкобугристо-топяные болота.

EUNIS. D3.11. Palsa mires; близко к D2.2931. Sedge and cottongrass boreoalpine [*Sphagnum lindbergii*] mires [EUNIS, 2012-2019].

ТЕП *RUBO CHAMAEMORI–DICRANETUM ELONGATI CARICETOSUM RARIFLORAE—CARICI RARIFLORAE–SPHAGNOCHORIETUM LINDBERGII* I. et O. Lavrinenko nov.

Синтаксономия. На буграх: *Rubo chamaemori–Dicranetum elongati caricetosum rariflorae*; в топях: *Carici rariflorae–Sphagnetum baltici (typicum и sphagnetosum lindbergii)*, *Carici rariflorae–Sphagnetum lindbergii*.

Растительность. Олиготрофные осоково (*Carex rariflora*)-кустарничково-мохово-лишайниковые сообщества с преобладанием в напочвенном покрове кустистых лишайников, дикрановых и политриховых мхов на поверхности небольших мерзлых торфяных бугров в комплексе с осоково-сфагновыми сообществами в омбротрофных топях с доминированием олиготрофных видов сфагновых мхов (*Sphagnum balticum*, *S. lindbergii*). Маломощность торфа на небольших буграх благоприятствует произрастанию на их поверхности *Carex rariflora*. *Betula nana* имеет покрытие не более 5% и стланиковую форму. Все сосудистые растения находятся в одном разреженном ярусе до 10 см выс.

Диагностические виды. На буграх: сосудистые: *Andromeda polifolia* subsp. *pumila*, *Empetrum hermaphroditum*, *Ledum palustre* subsp. *decumbens*, *Rubus chamaemorus*, *Vaccinium vitis-idaea* subsp. *minus*; мохообразные: *Dicranum elongatum*, *Polytrichum strictum*; лишайники: *Cladonia arbuscula* s. l., *C. rangiferina*, *C. stellaris*, *Flavocetraria nivalis*, *Ochrolechia frigida*. В топях: сосудистые: *Carex aquatilis* subsp. *stans*, *C. rariflora*; мохообразные: *Polytrichum jensenii*, *Sphagnum balticum*, *S. lindbergii*; лишайники: *Cetrariella delisei*, *C. fastigiata*.

Экология. Торфяные бугры небольшие, 0.2-0.5 (до 0.7) м высотой и 0.3-1.0 м в диаметре, отдельно стоящие или образующие скопления, цепочки, иногда сливающиеся в маленькие (3-5 м длиной) гряды, более или менее равномерно распределены на плоских топяных понижениях с осоково-сфагновыми сообществами. Торф на буграх маломощный (0.15-0.3 м), внутри есть мерзлое минеральное ядро. Возможно, являются стадией деградации полигональных и плоскобугристых торфяников. Почвы: торфяные, мерзлые, с кислой реакцией среды. К середине июля бугорки оттаивают на глубину от 17 до 23 см.

Распространение. Слабовогнутые депрессии на низких морских террасах в зоне сплошного распространения многолетнемерзлых пород вдоль Тимано-Малоземельского побережья Баренцева моря. Предположительно они есть и на Большеземельском побережье между Паханческой губой и п-овом Медынский Заворот. Формируют как самостоятельные массивы, так и участки, граничащие с полигональными или плоскобугристыми торфяниками.

Ресурсная значимость. См. 3.3.2.

Виды Красной книги Ненецкого автономного округа [Red Book..., 2020]. Лишайники: *Masonhalea inermis* (категория 3), *Dactylina arctica* (Приложение 3).

Фото. Пример местообитания мелкобугристо-топяного болота на мысе Тонкий Нос (северо-восток Малоземельской тундры, подзона типичных тундр) (Рис. П10).

Ab3.3.4 Крупнобугристо-топяные болота.

EUNIS. D3.11. Palsa mounds; близко к D2.2931. Sedge and cottongrass boreoalpine [*Sphagnum lindbergii*] mires [EUNIS, 2012-2019].

ТЕП *RUBO CHAMAEMORI–DICRANETUM ELONGATI TYPICUM—CARICI ROTUNDATAE–SPHAGNOCHORIETUM LINDBERGII* I. et O. Lavrinenko nov.

Синтаксономия. На буграх: *Rubo chamaemori–Dicranetum elongati typicum*; в топях: *Carici rotundatae–Sphagnetum baltici (typicum и eriophoretosum russeoli)*, *Carici rotundatae–Sphagnetum lindbergii (typicum и eriophoretosum russeoli)*.

Растительность. На крупных буграх – кустарничково-мохово-лишайниковые сообщества с верхним ярусом из *Betula nana* и *Ledum palustre* subsp. *decumbens*. На куполообразных буграх выражена микропоясность растительности. На склонах высокое обилие у кустарников (*Betula* и *Ledum*), на вершинах – у кустарничков и лишайников и всегда есть пятна сухого развеванного торфа с трещинами усыхания и морозными. В бедных условиях олиготрофных топей с кислой реакцией среды сообщества маловидовые, простого 2-ярусного строения. Травяной ярус 15-30 см выс. образуют пушицы и осоки (преобладает *Carex rotundata*), напочвенный покров сложен олиготрофными видами *Sphagnum*.

Диагностические виды. На буграх: сосудистые: *Andromeda polifolia* subsp. *pumila*, *Betula nana*, *Empetrum hermaphroditum*, *Ledum palustre* subsp. *decumbens*, *Oxycoccus microcarpus*, *Rubus chamaemorus*, *Vaccinium uliginosum* subsp. *microphyllum*, *V. vitis-idaea* subsp. *minus*; мохообразные: *Dicranum elongatum*, *Pleurozium schreberi*, *Polytrichum strictum*, *Sphagnum fuscum*; лишайники:

Cladonia arbuscula s.l., *C. rangiferina*, *Flavocetraria cucullata*, *F. nivalis*, *Cladonia pleurota*, *C. sulphurina*. В топях: сосудистые: *Carex canescens*, *C. rotundata*, *C. limosa*, *Eriophorum angustifolium*, *E. russeolum*; мохообразные: *Sphagnum balticum*, *S. lindbergii*.

Экология. Торфяные бугры (2-5 м высотой) имеют различные размеры и форму – от небольших (менее 10 м в поперечнике) куполообразной формы до крупных (30-50 м в поперечнике), обычно вытянутых и слабовыпуклых. Бугры дренируются ложбинами и топиями, иногда среди них встречаются микроозерки. Почвы: торфяные, мерзлые, с кислой реакцией среды. В разных районах к концу июля бугры с поверхности оттаивают на 25-40 см, к концу августа – на 54 см.

Распространение. Депрессии на водоразделах и речных террасах с затрудненным дренажом, с песчаными и суглинистыми отложениями, перекрытыми слоем торфа. На одном и том же болотном массиве могут встречаться в сочетании с плоскобугристыми торфяниками. Обычны в лесотундре, их немало на юге Малоземельской и Тиманской тундр в районах с островным распространением многолетнемерзлых пород; к востоку от р. Печоры севернее лесотундры торфяники с буграми выше 2 м уже не встречаются. В районах, где северная граница леса выражена фронтально (например, в бассейне р. Колва), их массивы занимают полосу перед редколесьями *Picea obovata*.

Ресурсная значимость. См. Ab3.3.2.

Виды Красной книги Ненецкого автономного округа [Red Book..., 2020]. Лишайники: *Lichenomphalia hudsoniana* (7), *Dactylina arctica* (Приложение 3).

Фото. Пример местообитания крупнобугристо-топяного болота перед фронтально выраженной границей леса в бассейне р. Сандивей – приток р. Колва (Большеземельская тундра, южная лесотундра) (Рис. П11).

Ab3.3.5 Грядово-топяные болота.

EUNIS. D3.11. Palsa mires; близко к D2.2931. Sedge and cottongrass boreoalpine [*Sphagnum lindbergii*] mires [EUNIS, 2012-2019].

ТЕР **RUBO CHAMAEMORI-DICRANETUM ELONGATI TYPICUM—CARICI ROTUNDATAE-SPHAGNOCHORIETUM BALTICI** I. et O. Lavrinenko nov.

Синтаксономия. На грядках: *Rubo chamaemori-Dicranetum elongati typicum*; в топях: *Carici rotundatae-Sphagnetum baltici (typicum и eriophoretosum russeoli)*, *Carici rotundatae-Sphagnetum lindbergii (typicum и eriophoretosum russeoli)*, com. *Trichophorum cespitosum-Sphagnum compactum*.

Кустарничково-морошково-лишайниково-моховые сообщества на мерзлых торфяных грядках в комплексе с осоково-сфагновыми сообществами олиготрофных и мезоолиготрофных топей, часто обводненными в срединной части, с обрамлением озерков зарослями *Carex aquatilis* subsp. *stans*, *Comarum palustre* и *Arctophila fulva*. У подножия гряд часто формируются сообщества пухоноса *Trichophorum cespitosum* со *Sphagnum compactum*. В бедных условиях олиготрофных топей с кислой реакцией среды сообщества маловидовые, простого 2-ярусного строения. Травяной ярус 15-30 см выс. образуют пушицы и осоки (преобладают *Carex rotundata*, *Eriophorum russeolum*), напочвенный покров сложен олиготрофными видами *Sphagnum*.

Диагностические виды. На грядках: сосудистые: *Andromeda polifolia* subsp. *pumila*, *Betula nana*, *Empetrum hermaphroditum*, *Ledum palustre* subsp. *decumbens*, *Oxycoccus microcarpus*, *Rubus chamaemorus*, *Vaccinium uliginosum* subsp. *microphyllum*, *V. vitis-idaea* subsp. *minus*; мохообразные: *Dicranum elongatum*, *Pleurozium schreberi*, *Polytrichum strictum*, *Sphagnum fuscum*; лишайники: *Cladonia arbuscula* s.l., *C. rangiferina*, *Flavocetraria cucullata*, *F. nivalis*, *Cladonia pleurota*, *C. sulphurina*. В топях: сосудистые: *Carex rotundata*, *C. limosa*, *Eriophorum angustifolium*, *E. russeolum*, *Trichophorum cespitosum*; мохообразные: *Sphagnum balticum*, *S. compactum*, *S. lindbergii*.

Экология. Торфяные бугры имеют форму вытянутых гряд (3-5 м шириной и до 10 м и более длиной), которые расширяются в местах слияния. Комплекс (при виде сверху) имеет нерегулярно-сетчатую (ячеистую) структуру, часто с микроозерками в срединных частях топей. Такие болота под названием «грядово-мочажинные» описал А.А. Дедов [Dedov, 1940] и отметил их широкое распространение в Малоземельской тундре. Почвы: торфяные, мерзлые, с кислой реакцией среды.

Распространение. Депрессии на водоразделах с затрудненным дренажом, с песчаными и суглинистыми отложениями, перекрытыми слоем торфа. Обычны в лесотундре и на юге Малоземельской и Большеземельской тундр в районах с островным распространением многолетнемерзлых пород.

Ресурсная значимость. См. Ab3.3.2.

Виды Красной книги Ненецкого автономного округа [Red Book..., 2020]. Лишайники: *Lichenomphalia hudsoniana* (категория 7), *Dactylina arctica* (Приложение 3).

Фото. Пример местообитания грядово-топяного болота в окрестностях г. Нарьян-Мара (полоса лесотундры) (Рис. П12).

Ab3.3.6 Валиково-полигональновогнутое болота.

ТЕР *PLEUROZIO SCHREBERI-ERIPHORETUM VAGINATI—CARICI ROTUNDATAE-SPHAGNOCHORIETUM LINDBERGII* I. et O. Lavrinenko nov.

Синтаксономия. Валики: *Oxycocco microcarpi-Empetrium hermaphroditum* Nordhagen ex Du Rietz 1954: *Pleurozio schreberi-Eriophoretum vaginati* O. et I. Lavrinenko in O. Lavrinenko et al. 2021; топи: *Carici rotundatae-Sphagnetum lindbergii (typicum и eriphoretosum russeoli)*.

Растительность. На валиках – кустарничково-моховые сообщества с *Eriophorum vaginatum*. На полигонах – периферийные части болота заняты сообществами с доминированием *Carex rariflora* и с гипново-сфагновым напочвенным покровом (*Sphagnum lindbergii, Sphagnum compactum, Warnstorfia procera*); в более сырых центральных частях густой травяной ярус образован *Carex rotundata* с участием *Eriophorum russeolum*, а напочвенный покров – *Sphagnum lindbergii* с примесью *Warnstorfia exannulata*.

Диагностические виды. На валиках: сосудистые: *Andromeda polifolia* subsp. *pumila, Empetrum hermaphroditum, Eriophorum vaginatum, Ledum palustre* subsp. *decumbens, Rubus chamaemorus, Vaccinium vitis-idaea* subsp. *minus*; мохообразные: *Pleurozium schreberi, Dicranum groenlandicum, Sphagnum balticum, S. russowii*; лишайники: *Cladonia arbuscula* s. l., *C. rangiferina*. В топях: сосудистые: *Carex rariflora, C. rotundata*; мохообразные: *Sphagnum lindbergii, Warnstorfia procera*.

Экология. На спутниковом снимке и с квадрокоптера болота имеют отчетливую ячеистую структуру: четырех-, реже пятиугольные сырые полигоны с размерами сторон около 10 м окружены хорошо выраженными валиками. На местности увидеть эту структуру непросто, поскольку валики (1-2 м шириной) слабо приподняты над поверхностью полигонов (превышают их на 15-20 см), часто прерываются, а иногда выглядят как цепочки бугорков. Формирование таких валиков не является результатом поднятия краев полигонов в результате расширения трещин (при замерзании в них талой воды), и поэтому их нельзя отнести к классическим полигонально-валиковым болотам, широко распространенным в сибирской Арктике. Почвы: на валиках – торфяно-болотные или торфянисто-глеевые болотные, мерзлота обнаружена на глубине 44-51 см, подстилаются песком; на полигонах – торфяно-болотные (торф 47 см) на супесях, мерзлота на глубине 57-58 см.

Распространение. Пока обнаружены только на западе Большеземельской тундры вдоль края коренного берега р. Ячей в депрессии водораздела (68°07'32" с. ш., 54°52'32" в. д. и 68°04'24" с. ш., 54°51'05" в. д.), северная часть подзоны южных тундр.

Ресурсная значимость. Ягель (кустистые *Cladonia*) – главнейший (по поедаемости и запасам) зимний корм домашнего северного оленя, летом хорошо поедается во влажном состоянии, богат углеводами (95%); флавоцетрарии (*Flavocetraria* spp.) – ценный ранневесенний корм (поскольку занимают повышенные элементы рельефа, рано освобождающиеся от снега), хорошо поедается зимой и во влажном состоянии летом, лишайники практически лишены протеина (2%) и минеральных веществ, в том числе азота, содержат витамин С; осоки (*Carex* spp.) – ценный осенний, поздневесенний и важнейший подснежный зеленый корм (поедаются отава, основания стеблей и листьев, молодые зеленые листья, сохраняется до 30% зелени); пушица влагилищная (*Eriophorum vaginatum*) – ценный зеленый ранневесенний и осенний корм, важнейший подснежный зеленый корм (поедается отава, сохраняет до 50% зелени), содержание протеина – 15%.

Виды Красной книги Ненецкого автономного округа [Red Book..., 2020]. Не обнаружены.

Фото. Пример местообитания валиково-полигональновогнутого болота в бассейне р. Ячей (запад Большеземельской тундры, подзона южных тундр) на спутниковом снимке (Рис. П13а) и на местности (Рис. П13б).

Ab3.3.7 Малорасчлененные торфяники.

EUNIS. D3.11. Palsa mounds [EUNIS, 2012-2019].

ТЕР *RUBO CHAMAEMORI-DICRANOCHORIETUM ELONGATI TYPICUM* I. et O. Lavrinenko nov.

Синтаксономия. На торфяных поверхностях: *Rubo chamaemori-Dicranetum elongati typicum*.

Растительность. Кустарничково-мохово-лишайниковые сообщества с верхним ярусом из *Betula nana* и *Ledum palustre* subsp. *decumbens* на мерзлых торфяных плато протяженностью до сотен метров. Дренажируются ложбинами стока с сырыми ивнякаами и обводненными осоковыми зарослями.

Диагностические виды. Сосудистые: *Andromeda polifolia* subsp. *pumila*, *Betula nana*, *Empetrum hermaphroditum*, *Ledum palustre* subsp. *decumbens*, *Oxycoccus microcarpus*, *Rubus chamaemorus*, *Vaccinium uliginosum* subsp. *microphyllum*, *V. vitis-idaea* subsp. *minus*; мохообразные: *Dicranum elongatum*, *Pleurozium schreberi*, *Polytrichum strictum*, *Sphagnum fuscum*; лишайники: *Cladonia arbuscula* s. l., *C. rangiferina*, *Flavocetraria cucullata*, *F. nivalis*, *Cladonia pleurota*, *C. sulphurina*.

Экология. Торфяные плато протяженностью 100-200 м и более, которые дренируются ложбинами стока с осоково-моховыми или ивовыми сообществами. Встречаются небольшие термокарстовые озера. Перепад высот между положительными и отрицательными формами рельефа – 0.8-2.0 м. Нанорельеф на поверхности плато обычно бугорковый, бугорки невысокие (10-15 см) и пологие. Почвы: торфяные, мерзлые, с кислой реакцией среды. В конце июля торф оттаивал на глубину 25-30 см.

Распространение. Обычны в лесотундре и на юге Малоземельской и Большеземельской тундр в районах с островным распространением многолетнемерзлых пород на участках водоразделов с песчаными и суглинистыми отложениями, перекрытыми слоем торфа.

Ресурсная значимость. См. Ab3.3.2.

Виды Красной книги Ненецкого автономного округа [Red Book..., 2020]. Лишайники: *Lichenomphalia hudsoniana* (категория 7), *Dactylina arctica* (Приложение 3).

Фото. Пример местообитания малорасчлененных торфяников в бассейне р. Хараяха – приток р. Колва (Большеземельская тундра, полоса лесотундры) (Рис. П14).

Ab3.3.8 Крупные отдельно стоящие торфяные бугры.

EUNIS. D3.11. Palsa mounds [EUNIS, 2012-2019].

ТЕР ?

Синтаксономия. ?

Растительность. Багульниково-кустарничково-морошково-моховые сообщества на основных поверхностях бугров, мелкоерничково-морошково-моховые – на склонах.

Диагностические виды. Сосудистые: *Andromeda polifolia* subsp. *pumila*, *Betula nana*, *Carex rariflora*, *Empetrum hermaphroditum*, *Ledum palustre* subsp. *decumbens*, *Rubus chamaemorus*, *Vaccinium uliginosum* subsp. *microphyllum*, *V. vitis-idaea* subsp. *minus*; мохообразные: *Aulacomnium palustre*, *Dicranum elongatum*, *D. laevidens*, *Pleurozium schreberi*, *Sphagnum balticum*, *S. lenense*, *S. russowii*, *S. warnstorffii*.

Экология. Крупные (20 м и более в поперечнике, 2 м и более высотой) торфяные бугры с плоской или слегка выпуклой поверхностью, отдельно стоящие на пониженных элементах рельефа. Почвы: торфяные, мерзлые, с кислой реакцией среды.

Распространение. Пониженные элементы рельефа (ложбины стока, подножия склонов в местах перегибов террас) в тундровой зоне.

Ресурсная значимость. См. Ab3.3.2.

Виды Красной книги Ненецкого автономного округа [Red Book..., 2020]. Сосудистые: *Pedicularis labradorica* (Приложение 3).

Ab3.4 Арктические минеральные болота.

ТЕР *CARICI STANTIS-SALICICHORIETEA REPTANTIS SALICETOSUM MYRSINITAE* I. et O. Lavrinenko nov.

Синтаксономия. *Caricion stantis: Carici rariflorae-Limprichtietum revolventis, Carici stantis-Limprichtietum revolventis, Carici stantis-Salicetum reptantis* Zanozka 2003 *salicetosum myrsinitae* Lavrinenko, Matveyeva et Lavrinenko 2016.

Растительность. Гигрофильные осоково-пушицево-гипновые и редкоивовые (*Salix reptans*) осоково-моховые сообщества с присутствием арктического разнотравья и, как правило, с многовидовым моховым покровом из гипновых мхов.

Диагностические виды. Сосудистые: *Arctagrostis latifolia*, *Bistorta vivipara*, *Calamagrostis holmii*, *Caltha arctica*, *Cardamine pratensis*, *Carex aquatilis* subsp. *stans*, *C. rariflora*, *Cerastium jenisejense*, *Chrysosplenium alternifolium*, *Dupontia fisheri*, *Eriophorum angustifolium*, *E. russeolum*, *Hierochloë pauciflora*, *Pedicularis sudetica* s. l., *Petasites frigidus*, *Polemonium acutiflorum*, *Rumex arcticus*, *Saxifraga hieracifolia*, *S. hirculus*, *Salix reptans*; мохообразные: *Brachythecium mildeanum*, *Bryum pseudotriquetrum*, *Calliergon giganteum*, *Campylium stellatum*, *Cinclidium arcticum*, *Cyrtomnium*

hymenophyllum, *Ditrichum flexicaule*, *Limprichtia revolvens*, *Meesia triquetra*, *Paludella squarrosa*, *Tomentypnum nitens*, *Warnstorfia sarmentosa*.

Экология. Обширные заболоченные участки на морских террасах разного уровня. Почвы: торфянисто-глеевые; под очесом на глубине 15-20 (до 35) см находится хорошо разложившийся торф, ниже – оглеенный суглинок.

Распространение. Подзоны типичных (северная часть) и арктических тундр, острова Долгий и Вайгач, Югорский полуостров и хребет Пай-Хой, архипелаг Новая Земля. Район распространения относится к Большеземельской провинции зоны арктических минеральных осоковых болот [Katz, 1948], характерная черта которого – «сильное развитие заболоченных водораздельных пространств с осоковыми ценозами с *Carex aquatilis* subsp. *stans* на маломощном торфе, лежащем на вечно мерзлом оглеенном субстрате».

Ресурсная значимость. Злаки *Arctagrostis latifolia* и *Dupontia fisheri* – ценный летний корм домашнего северного оленя, *Calamagrostis holmii* – ценный зеленый ранневесенний корм, а нижнее междоузлие с почками – подснежный корм; разнотравье: *Bistorta vivipara* – ценный летний и весенний корм; *Caltha arctica* и *Saxifraga hirculus* – подснежный корм (побуревшие остатки), листья и цветки поедаются весной и ранним летом; *Pedicularis sudetica* s. l. и *Petasites frigidus* – исключительно высокопитательны, всесезонный корм, ценный зеленый ранневесенний корм, зимой поедаются корневища, содержание протеина – 16-29%, много сахаров, кальция, фосфора; *Polemonium acutiflorum* – позднеосенний и зимнезеленый корм (сохраняет до 75% зелени), поедается весной и летом; *Saxifraga hieracifolia* – верхушки цветоносов охотно поедаются весной и летом; осоки (*Carex* spp.) – ценный осенний, поздневесенний и важнейший подснежный зеленый корм (поедаются отава, основания стеблей и листьев, молодые зеленые листья, сохраняется до 30% зелени); пушицы (*Eriophorum* spp.) – ценный осенний и подснежный зеленый корм (поедается отава, сохраняет 5-8% зелени), содержит 19% протеина.

Виды Красной книги Ненецкого автономного округа [Red Book..., 2020]. Сосудистые: *Carex saxatilis* (категория 3), *Hierochloë pauciflora* (Приложение 3); мохообразные: *Bryum neodamense*, *Orthothecium chryseon*, *Stereodon bambergeri* и *Tayloria lingulata* (Приложение 3); лишайники: *Peltigera membranacea* (категория 3).

Фото. Пример местообитания заболоченной морской террасы с редкоивовым (*Salix reptans*) осоково-гипновым сообществом с присутствием арктического разнотравья и многовидовым моховым покровом на о-ве Вайгач (подзона типичных тундр) (Рис. П15).

Ab3.5 Низинные осоково-пушицево-гипновые и болотнотравно-осоково-гипновые болота.

EUNIS. D2. Valley mires, poor fens and transition mires [EUNIS, 2012-2019].

ТЕР *CARICI STANTIS*–*WARNSTORFICHORIETEA EXANNULATAE* I. et O. Lavrinenko nov.

Синтаксономия. *Drepanocladion exannulati* Krajina 1933: *Carici stantis*–*Warnstorfietum exannulatae* Lavrinenko, Matveyeva et Lavrinenko 2016 (*typicum* и *comaretosum palustris* (Bogdanowskaya-Guihéneuf 1938) Lavrinenko, Matveyeva et Lavrinenko 2016 (вар. *typica* и *Polemonium acutiflorum*)), *Carici stantis*–*Warnstorfietum fluitantis* Lavrinenko, Matveyeva et Lavrinenko 2016.

Растительность. Относительно бедные видами осоково-пушицево-гипновые и болотнотравно-осоково-гипновые сообщества с доминированием *Warnstorfia exannulata* и *W. sarmentosa* в напочвенном покрове и с разреженным ярусом осок (*Carex aquatilis* subsp. *stans*, *C. canescens*) и пушицы (*Eriophorum angustifolium*).

Диагностические виды. Сосудистые: *Calamagrostis neglecta*, *Caltha palustris*, *Carex aquatilis* subsp. *stans*, *C. canescens*, *Cardamine pratensis* subsp. *angustifolia*, *Comarum palustre*, *Epilobium palustre*, *Equisetum arvense* s. l., *E. palustre*, *E. fluviatile*, *Eriophorum angustifolium*, *Polemonium acutiflorum*; мохообразные: *Calliergon giganteum*, *C. stramineum*, *Warnstorfia exannulata*, *W. fluitans*, *W. sarmentosa*.

Экология. Заболоченные депрессии на водоразделах (приозерные понижения и хасыреи, плоские днища корытообразных логов, приозерные понижения, полосы вдоль водотоков, заболоченные участки на низких морских террасах, реже места с проточным увлажнением в топях плоскобугристых болот) с умеренно богатым водно-минеральным питанием, достаточным или избыточным увлажнением, близким залеганием вечной мерзлоты. Почвы: торфянисто-глеевые, некарбонатные, с кислой реакцией среды. Слой торфа маломощный (5-15, до 25 см), ниже залегает оглеенный сизый суглинок. Торф от рыхлого, сырого, светло-бурого, плохо разложившегося до плотного, влажного, темно-бурого, средне разложившегося, пронизанного корнями трав.

Распространение. Подзоны типичных и южных тундр, повсеместно на материке и о-ве Колгуев.

Ресурсная значимость. Осоки (*Carex* spp.) – ценный осенний, поздневесенний и важнейший подснежный зеленый корм домашнего северного оленя (поедаются отава, основания стеблей и листьев, молодые зеленые листья, сохраняется до 30% зелени); пушицы (*Eriophorum* spp.) – ценный осенний и подснежный зеленый корм (поедается отава, сохраняет 5-8% зелени), содержит 19% протеина; разнотравье (*Cardamine pratensis* subsp. *angustifolia*, *Epilobium palustre*) – листья и соцветия хорошо поедаются летом, *Polemonium acutiflorum* – позднеосенний и зимнезеленый корм (сохраняет до 75% зелени), поедается весной и летом, *Comarum palustre* – важнейшее по кормовой ценности растение, летний корм, осенью, зимой и ранней весной поедаются высокопитательные корневища и почерневшие листья; хвощи (*Equisetum arvense* и *Equisetum fluviatile*) – высокопитательный корм, зимой, осенью и ранней весной поедаются корневища и зеленые нижние части стеблей (в них происходит инверсия углеводов в сахара), очень богаты кальцием, фосфором, другими минеральными веществами, содержание протеина – 11-25%.

Виды Красной книги Ненецкого автономного округа [Red Book..., 2020]. Сосудистые: *Calla palustris* (категория 3), *Pedicularis hyperborea* (3), *Carex diandra*, *Carex dioica* и *Pedicularis labradorica* (Приложение 3).

Фото. Пример местообитания заболоченного участка на низкой морской террасе с болотнотравно-осоково-гипновым низинным болотом на о-ве Колгуев (подзона типичных тундр) (Рис. П16).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Создаваемый Каталог местообитаний восточноевропейских тундр включает болотные биотопы, отнесенные к категории второго уровня – Ab3 и пяти категориям третьего уровня – Ab3.1-Ab3.5, две из которых (Ab3.1 и Ab3.3) расклассифицированы до четвертого уровня (3.1.1-3.1.2 и Ab3.3.1-3.3.8). Они охватывают основное разнообразие болотных экосистем тундровой зоны – арктические минеральные болота, низинные болота, комплексные бугристо-топяные болота с различной морфологией торфяных возвышений и понижений рельефа, заболоченные бессточные элементы ландшафта.

Важнейшим диагностическим показателем при выделении местообитаний служит синтаксономический состав растительности, поскольку именно растительные сообщества являются лучшим индикатором состояния биотопов. Основная (фоновая) растительность болот классов *Oxycocco-Sphagnetea* и *Scheuchzerio-Caricetea nigrae* в восточноевропейских тундрах изучена до уровня ассоциаций и субассоциаций.

В статье кратко описана методология типологии ТЕР и классификации местообитаний. Для диагностики местообитаний на основе их синтаксономического состава разработана типологическая схема, которая позволяет выделять на карте ТЕР разной сложности и ранга (от типа до класса и отдела) с сохранением информации о составе синтаксонов и пространственной структуре выделов.

При работе над иерархической классификацией местообитаний на самом высоком уровне выделены 4 группы, приуроченные к крупным элементам ландшафта (наземные) и морской акватории, которые встречаются в разных природных зонах. Биотопы категорий более низких уровней учитывают положение на обобщенном геоморфологическом профиле – от наиболее высоких до наиболее низких позиций, особенности субстрата, физиономические (окраска, текстура) и спектральные (индексы, сигнатуры) характеристики на материалах ДЗЗ. Паспорт каждой категории включает диагностические показатели биотопов, их экологические характеристики, наличие видов Красной книги Ненецкого автономного округа [Red Book..., 2020], распространение, угрозы и лимитирующие факторы, фотографии.

Создание Каталога местообитаний и организация их мониторинга существенно дополнит сложившуюся в России систему охраны природы через создание и функционирование ООПТ. Разрабатываемый Каталог может служить основой для изучения динамики биотопов при влиянии антропогенных и климатических факторов полевыми и дистанционными методами.

БЛАГОДАРНОСТИ

Работа выполнена в рамках государственного задания согласно тематическому плану Ботанического института им. В.Л. Комарова РАН по теме № 122041100242-5 при финансовой поддержке гранта Российского научного фонда (проект № 20-17-00160).

ПРИЛОЖЕНИЕ APPENDIX

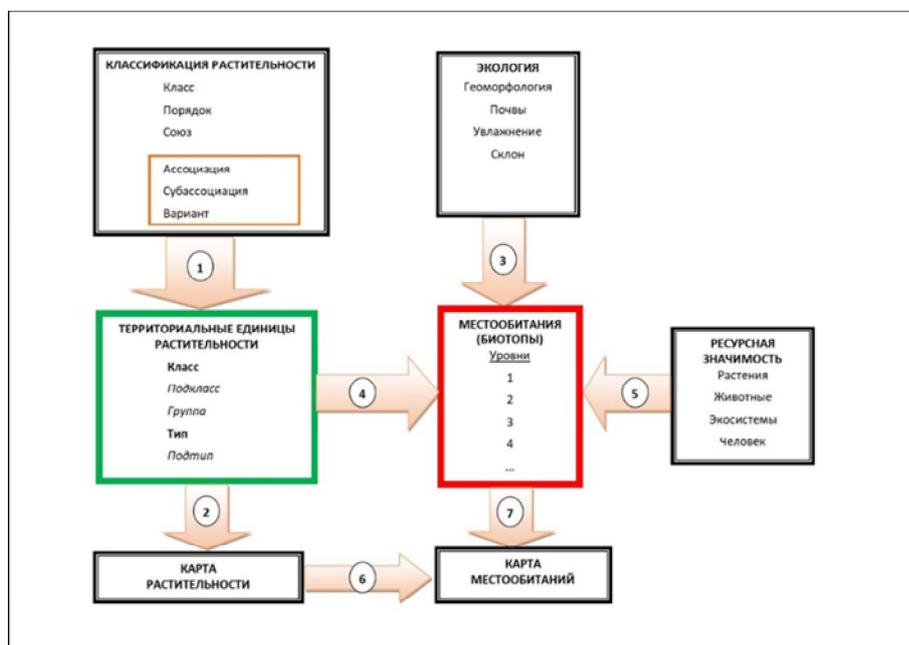


Рис. П1. Схема взаимосвязи местообитаний с классификацией растительности, экологическими показателями и ресурсными характеристиками [по: Lavrinenko et al., 2022].

Fig. A1. Scheme of the relationship between habitats and vegetation classification, environmental indicators and resource characteristics [by Lavrinenko et al., 2022].

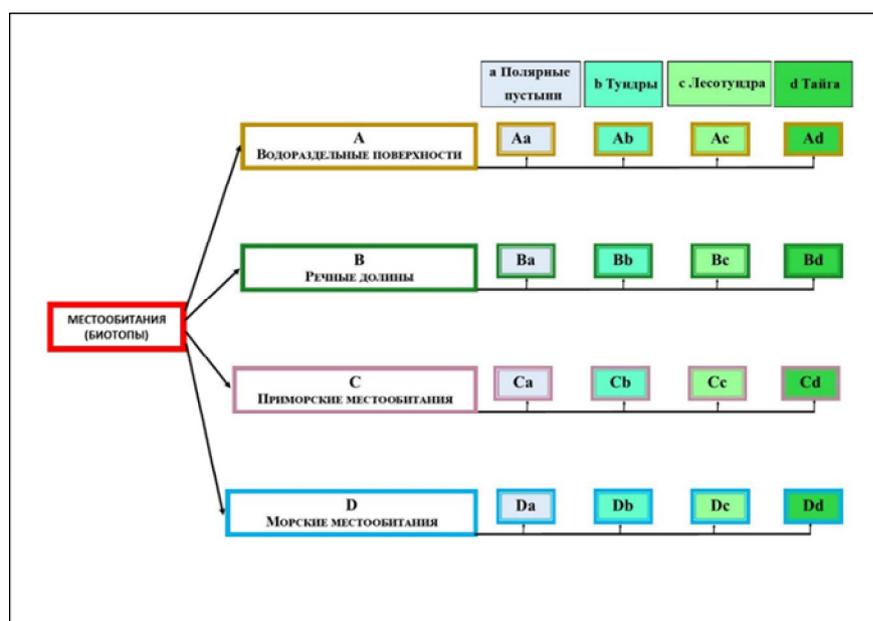


Рис. П2. Категории местообитаний восточноевропейских тундр высшего (первого) уровня (пояснения в тексте): А – местообитания водораздельных территорий; В – долины водотоков с пойменным режимом; С – приморские (прибрежные) местообитания; D – морские местообитания (морская акватория), включая эстуарии.

Fig. A2. Habitat categories of the highest (first) level of the East European tundra (explanations in the text): A – habitats of watershed areas, B – valleys of watercourse with floodplain regime, C – coastal habitats, D – marine habitats (sea area), including estuaries.

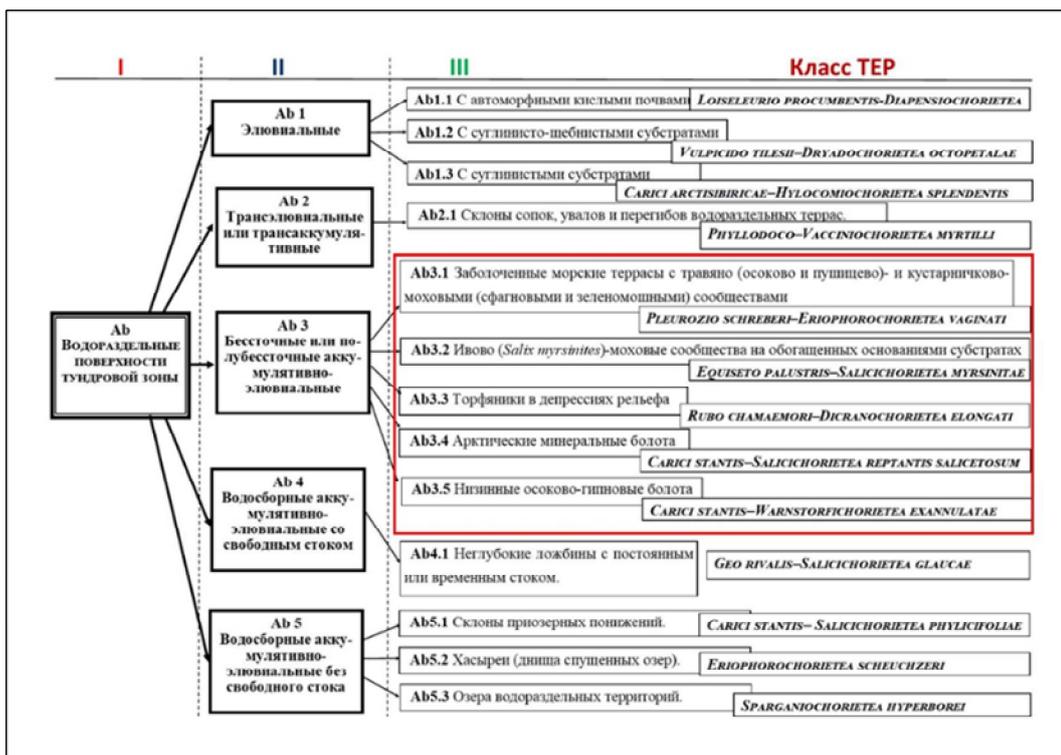


Рис. П3. Категории местообитаний восточноевропейских тундр I-III уровней иерархии (красной рамкой выделены болотные биотопы).

Fig. P3. Habitat categories of the East European tundra of I-III levels of hierarchy (mire biotopes are highlighted in red frame).

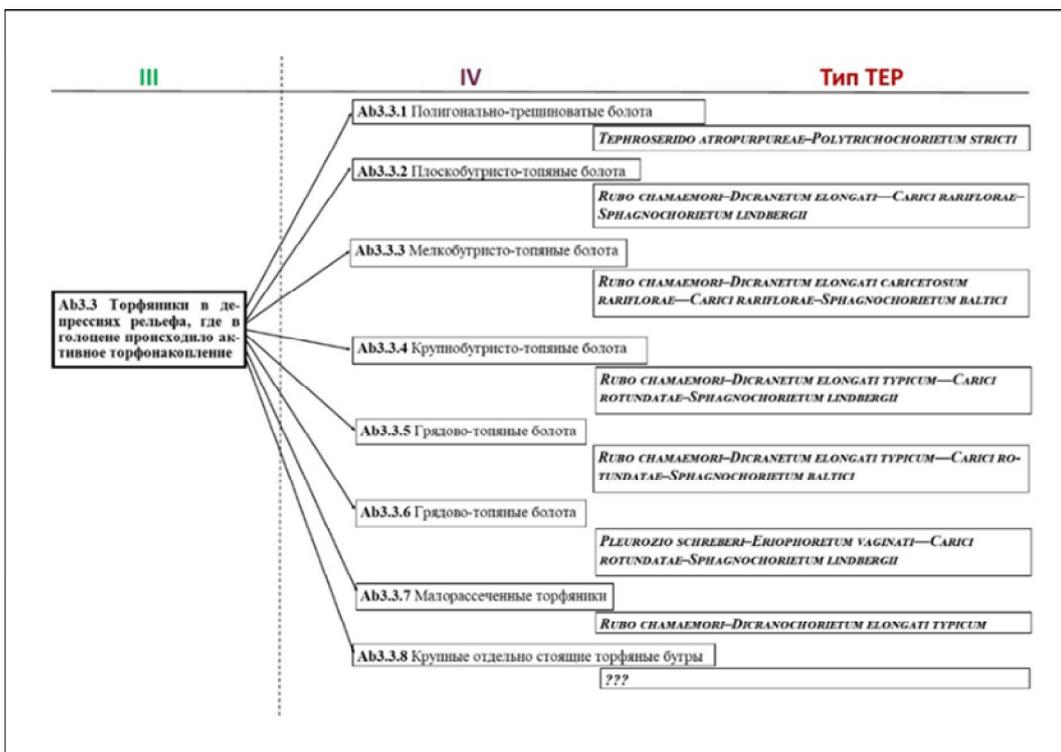


Рис. П4. Категории местообитаний болот восточноевропейских тундр III-IV уровней иерархии.

Fig. P4. Habitat categories of mires of the East European tundra of III-IV levels of hierarchy.



Рис. П5а и б. Местообитания с кустарничково-морошково-моховым сообществом с доминированием *Eriophorum vaginatum* (а) и *Carex globularis* (б) (ТЕР *Pleurozio schreberi–Eriophorochorietea vaginati*), занимающие промежуточную полосу между зональными сообществами и плоскобугристыми болотами на слабо наклонных поверхностях водоразделов.

Fig. A5a and b. Habitats with a dwarf-shrub-cloudberry-moss community dominated by *Eriophorum vaginatum* (a) and *Carex globularis* (b) (TER *Pleurozio schreberi–Eriophorochorietea vaginati*), occupying an intermediate strip between zonal communities and palsa mires on gently sloping watershed surfaces.



Рис. П6. Местообитание с ивово-осоково-моховым сообществом с низкорослыми кустарниковыми ивами (*Salix lanata*, *S. reptans*) (ТЕР *Andromedo pumilae–Salicichorietum reptantis*) на обширной заболоченной приморской низменности.

Fig. A6. Habitat with a willow-sedge-moss community with short shrubby willows (*Salix lanata*, *S. reptans*) (TER *Andromedo pumilae–Salicichorietum reptantis*) on a vast marshy coastal lowland.



Рис. П7. Местообитание с ивово-хвощово-моховым сообществом с доминированием *Equisetum palustre* и участием видов-гемикальцефитов в заболоченном понижении на террасе (ТЕР *Equiseto palustris–Salicichorietea myrsinitae*).

Fig. A7. Habitat with a willow-horsetail-moss community dominated by *Equisetum palustre* and the participation of hemi-calciphytes in a wetland depression on a terrace (TER *Equiseto palustris–Salicichorietea myrsinitae*).



Рис. П8. Местообитание полигонально-трещиноватого болота (ТЕР *Tephroserido atropurpureae–Polytrichochorietum stricti*).

Fig. A8. Habitat of polygon mire (TER *Tephroserido atropurpureae–Polytrichochorietum stricti*).



Рис. П9. Местообитание плоскобугристо-топяного болота (ТЕР *Rubo chamaemori–Dicranetum elongati–Carici rariflorae–Sphagnochorietum baltici*).

Fig. A9. Habitat of palsa mire (TER *Rubo chamaemori–Dicranetum elongati–Carici rariflorae–Sphagnochorietum baltici*).



Рис. П10. Местообитание мелкобугристо-топяного болота (ТЕР *Rubo chamaemori–Dicranetum elongati caricetosum rariflora—Carici rotundatae–Sphagnochorietum lindbergii*).

Fig. A10. Habitat of a small-palsa mire (TER *Rubo chamaemori–Dicranetum elongati caricetosum rariflora—Carici rotundatae–Sphagnochorietum lindbergii*).



Рис. П11. Местообитание крупнобугристо-топяного болота (ТЕР *Rubo chamaemori–Dicranetum elongati typicum—Carici rotundatae–Sphagnochorietum lindbergii*).

Fig. A11. Habitat of palsa mounds (TER *Rubo chamaemori–Dicranetum elongati typicum—Carici rotundatae–Sphagnochorietum lindbergii*).



Рис. П12. Местообитание грядово-топяного болота (ТЕР *Rubo chamaemori–Dicranetum elongati typicum—Carici rotundatae–Sphagnochorietum baltici*).

Fig. A12. Habitat of a ridge-fen (ТЕР *Rubo chamaemori–Dicranetum elongati typicum—Carici rotundatae–Sphagnochorietum baltici*).



Рис. П13а и б. Местообитание валиково-полигональновогнутого болота (ТЕР *Pleuzio schreberi–Eriophoretum vaginati—Carici rotundatae–Sphagnochorietum lindbergii*) на спутниковом снимке (а) и на местности (б).

Fig. A13a and б. Habitat of the ridge-concave polygon mire (ТЕР *Pleuzio schreberi–Eriophoretum vaginati—Carici rotundatae–Sphagnochorietum lindbergii*) on a satellite image (a) and on the ground (б).



Рис. П14. Местообитание малорасчлененного торфяника (ТЕР *Rubo chamaemori–Dicranetum elongati typicum*).
Fig. A14. Habitat of sparsely dissected peatland (TER *Rubo chamaemori–Dicranetum elongati typicum*).



Рис. П15. Местообитание с редкоивовым (*Salix reptans*) осоково-гишновым сообществом с присутствием арктического разнотравья на обширной заболоченной морской террасе (арктические минеральные болота) (ТЕР *Carici stantis–Salicichorietea reptantis salicetosum myrsinitae*).
Fig. P15. Habitat with a sparse willow (*Salix reptans*) sedge-hypnum community with the presence of arctic herbs in a vast wetland marine terrace (arctic mineral mire) (TER *Carici stantis–Salicichorietea reptantis salicetosum myrsinitae*).



Рис. П16. Местообитание с болотнотравно-осоково-гишновым низинным болотом на заболоченной низкой морской террасе (ТЕР *Carici stantis–Warnstorfichorietea exannulatae*).

Fig. A16. Habitat with a marsh grass-sedge-hypnum fen in a wetland low marine terrace (TER *Carici stantis–Warnstorfichorietea exannulatae*).

ЛИТЕРАТУРА

Aleksandrova V.D., Andreev V.N., Vahtina T.V., Dydina R.A., Karev G.I., Petrovskiy V.V., Shamurin V.F. 1964. Feeding characteristics of plants of the Far North. In: *Vegetation of the Far North and its development*. Вып. 5. М.-Л.; Nauka, 1964. 484 pp. (in Russian). [Александрова В.Д., Андреев В.Н., Вахтина Т.В., Дыдина Р.А., Карев Г.И., Петровский В.В., Шамурин В.Ф. 1964. Кормовая характеристика растений Крайнего Севера // Растительность Крайнего Севера и ее освоение. Вып. 5. М.-Л.; Наука, 1964. 484 с.].

Aleksandrova V.D., Gribova S.A., Isachenko T.I., Nepomiluyeva N.I., Ovesnov S.A., Payanskaya-Gvosdeva I.I., Yurkovskaya T.K. 1989. *Geobotanical zonation of the Nechernozemie of the RSFSR European part*. Leningrad. 64 p. (in Russian). [Александрова В.Д., Грибова С.А., Исаченко Т.И., Непомилуева Н.И., Овеснов С.А., Паянская-Гвоздева И.И., Юрковская Т.К. 1989. Геоботаническое районирование Нечерноземья европейской части РСФСР. Л. 64 с.].

Atlas of the Arkhangelsk Region. 1976. Moscow. 72 p. (in Russian). [Атлас Архангельской области. 1976. М. 72 с.].

Braslavskaya T.Yu., Tikhonova E.V. 2020. Forest and shrub habitats within the «Smolenskoe Poozerie» National park: on the EUNIS habitat classification application for invention and conservation of biodiversity. *Raznoobraziye rastitel'nogo mira*, 1(4): 17-35 (in Russian). [Браславская Т.Ю., Тихонова Е.В. 2020. Лесные и кустарниковые местообитания национального парка «Смоленское Поозерье»: к вопросу об использовании классификации EUNIS при инвентаризации биоразнообразия и организации его охраны // Разнообразие растительного мира. № 1(4). С. 17-35]. DOI: 10.22281/2686-9713-2020-1-17-35.

Dedov A.A. 1940. *Vegetation of the Malozemelskaya and Timanskaya tundras*. Northern Base of the Academy of Sciences of the USSR. Arkhangelsk. 376 с. (Scientific funds of the Komi Scientific Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences. Fund 1, inventory 2, item 81) (in Russian). [Дедов А.А. 1940. Растительность Малоземельской и Тиманской тундр. Северная База АН СССР. Архангельск. 376 с. (Науч. фонды Коми НЦ УрО РАН. Фонд 1, опись 2, ед. хр. 81)].

Environmental protection and nature management. Vegetable world. Territories. Rules for the identification and protection of typical and rare biotopes, typical and rare natural landscapes. ТКП 17.12-06-2014 (02120). 2014. Minsk. 100 pp. (in Russian). [Охрана окружающей среды и природопользование. Растительный мир. Территории. Правила выделения и охраны типичных и редких биотопов, типичных и редких природных ландшафтов. ТКП 17.12-06-2014 (02120). Минск. 2014. 100 с.].

EU Habitats Directive 92/43/EEC of 21 May 1992 on the Conservation of Natural Habitats and of Wild Fauna and Flora, [1979] OJ L206/7 ('Habitats Directive'). Available from: URL: https://environment.ec.europa.eu/topics/nature-and-biodiversity/habitats-directive_en

EUNIS. 2012-2019. Available from: URL: <https://eunis.eea.europa.eu/habitats/1468>

Forest Code of the Republic of Belarus dated December 24, 2015. No. 332-3. Minsk. 33 pp. (in Russian). [Лесной кодекс Республики Беларусь от 24.12.2015 № 332-3. 33 с.].

Katz N.Y. 1948. *Types of bogs of the USSR and Western Europe and their geographical distribution*. Moscow. 320 pp. (in Russian). [Кац Н.Я. 1948. Типы болот СССР и Западной Европы и их географическое распространение. М. 320 с.].

Lavrinenko I.A. 2020. Typology and syntaxonomic composition of vegetation territorial units: novel approach suggested with the case study of Arctic marshes. *Rastitel'nost' Rossii*, 39: 100-148 (in Russian). [Лавриненко И.А. 2020. Типология и синтаксономический состав территориальных единиц растительности: новый подход на примере изучения арктических маршей // Растительность России. № 39. С. 100-148]. DOI: 10.1000/10.31111/vegus/2020.39.100.

Lavrinenko I.A. 2021. Habitat classification of East-European tundra. *Trudy Kol'skogo nauchnogo tsentra RAN*, 12(6): 13-18 (in Russian). [Лавриненко И.А. 2021. Классификация местообитаний восточноевропейских тундр // Труды Кольского научного центра РАН. Т. 12. № 6(9). С. 13-18]. DOI: 10.37614/2307-5252.2021.6.12.9.001.

Lavrinenko I.A. 2023. Modern approaches to the preparation of maps of Arctic vegetation. *Geobotanicheskoye kartografirovaniye*: 14-27 (in Russian). [Лавриненко И.А. 2023. Современные подходы к подготовке карт растительности Арктики // Геоботаническое картографирование. С. 14-27]. DOI: 10.31111/geobotmap/2023.14.

Lavrinenko I.A., Lavrinenko O.V. 2020. Habitats of the East European tundra and their accordance by the EUNIS categories on the Nenetsky Reserve example. *Fitoraznoobraziye Vostochnoy Yevropy*, 14(4): 359-397 (in Russian). [Лавриненко И.А., Лавриненко О.В. 2020. Местообитания восточноевропейских тундр и их соотношение с категориями EUNIS на примере заповедника «Ненецкий» // Фиторазнообразии Восточной Европы. Т. 14(4). С. 359-397]. DOI: 10.24411/2072-8816-2020-10082.

Lavrinenko I.A., Lavrinenko O.V., Matveyeva N.V., Neshataev V.V., Lapina A.M., Karsonova D.D., Tyusov G.A. 2022. The place of geobotany in resource management and nature conservation in the Arctic In: *Proceedings of the Conference "Russian Geobotany: Results and prospects" (to the 100th anniversary of the Geobotany Department of BIN)*. St. Petersburg. September 26-30, 2022. P. 71-74. (in Russian). [Лавриненко И.А., Лавриненко О.В., Матвеева Н.В., Нешатаев В.В., Лапина А.М., Карсонова Д.Д., Тюсов Г.А. Место геоботаники в управлении ресурсами и охраной природы в Арктике // Материалы конференции «Российская геоботаника: итоги и перспективы» (к 100-летию Отдела геоботаники БИН). Санкт-Петербург. 26-30 сентября 2022 г. С. 71-74].

Lavrinenko O.V., Kochergina A.G. 2022. New associations and high syntaxa of willow scrubs in the East European sector of the Arctic. *Rastitel'nost' Rossii*, 44: 97-135. (in Russian). [Лавриненко О.В., Кочергина А.Г. 2022. Новые ассоциации и высшие синтаксоны ивняков в восточноевропейском секторе Арктики // Растительность России. № 44. С. 97-135]. DOI: 10.31111/vegus/2021.44.97.

Lavrinenko O.V., Lapshina E.D., Lavrinenko I.A. 2022. New associations with *Eriophorum vaginatum* L. in the Russian Arctic. *Botanica Pacifica. A journal of plant science and conservation*, 11(1): 15-36. DOI: 10.17581/bp.2022.11109.

Lavrinenko O.V., Lavrinenko I.A. 2015. Communities of the class *Oxycocco-Sphagnetea Br.-Bl.* et R. Tx. 1943 in the East European tundras. *Rastitel'nost' Rossii*, 26: 55-84 (in Russian). [Лавриненко О.В., Лавриненко И.А. 2015. Сообщества класса *Oxycocco-Sphagnetea Br.-Bl.* et R. Tx. 1943 в восточноевропейских тундрах // Растительность России. № 26. С. 55-84]. DOI: 10.31111/vegus/2015.26.55.

Lavrinenko O.V., Lavrinenko I.A. 2018a. Zonal vegetation of the plain East European tundras. *Rastitel'nost' Rossii*, 32: 35-108 (in Russian). [Лавриненко О.В., Лавриненко И.А. 2018а. Зональная растительность равнинных восточноевропейских тундр // Растительность России. № 32. С. 35-108]. DOI: 10.31111/vegus/2018.32.35.

Lavrinenko O.V., Lavrinenko I.A. 2018b. Classification of salt and brackish marshes vegetation of the Bolschеземель'skaya tundra (Barents Sea coastal). *Fitoraznoobraziye Vostochnoy Yevropy*, 3: 5-75 (in Russian). [Лавриненко О.В., Лавриненко И.А. 2018b. Классификация растительности соленых и солоноватых маршей Большеземельской тундры (побережье Баренцева моря) // Фиторазнообразии Восточной Европы. Т. XII. № 3. С. 5-75]. DOI: 10.24411/2072-8816-2018-10021.

Lavrinenko O.V., Lavrinenko I.A. 2021. Communities with shrub willows in typical tundra subzone in the East European sector of the Arctic. *Rastitel'nost' Rossii*, 41: 75-112. (in Russian). [Лавриненко О.В., Лавриненко И.А. 2021. Сообщества с кустарниковыми ивами в подзоне типичных тундр восточноевропейского сектора Арктики // Растительность России. № 41. С. 75-112]. DOI: 10.31111/vegus/2021.41.75.

Lavrinenko O.V., Matveyeva N.V., Lavrinenko I.A. 2014. Dryas fell-fields in the east of the European part of the Russian Arctic. *Rastitel'nost' Rossii*, 24: 38-63 (in Russian). [Лавриненко О.В., Матвеева Н.В., Лавриненко И.А. 2014. Дриадовые сообщества на востоке европейской части Российской Арктики // Растительность России. № 24. С. 38-63]. DOI: 10.31111/vegus/2014.24.38.

Lavrinenko O.V., Matveyeva N.V., Lavrinenko I.A. 2016. Communities of the class *Scheuchzerio-Caricetea nigrae* (Nordh. 1936) Tx. 1937 in the East European tundras. *Rastitel'nost' Rossii*, 28: 55-88 (in Russian). [Лавриненко О.В., Матвеева Н.В., Лавриненко И.А. 2016. Сообщества класса *Scheuchzerio-Caricetea nigrae* (Nordh. 1936) Tx. 1937 в восточноевропейских тундрах // Растительность России. № 28. С. 55-88]. DOI: 10.31111/vegus/2016.28.55.

Lavrinenko O.V., Lavrinenko I.A., Neshataev V.V. 2024. Snowbed vegetation in the plain East European tundra: new alliances and place in syntaxonomic system. *Botanica Pacifica. A journal of plant science and conservation*, 13(1): 139-165. DOI: 10.17581/bp. 2024.13110.

Matveyeva N.V., Lavrinenko O.V. 2021. The checklist of the syntaxa within the Russian Arctic: current state with vegetation classification. *Rastitel'nost' Rossii*, 42: 3-41 (in Russian). [Матвеева Н.В., Лавриненко О.В. 2021. Чек-лист синтаксонов Российской Арктики: текущее состояние классификации растительности // Растительность России. № 42. С. 3-41]. DOI: 10.31111/vegus/2021.42.3.

NATURA 2000. Available from: URL: <https://natura2000.eea.europa.eu/>

On the protection of the environment. Law of the Republic of Belarus of November 26, 1992 with additions and amendments of January 22, 2013 No. 18-3. 2013. Minsk. 25 pp. (in Russian). [Об охране окружающей среды. Закон Республики Беларусь от 26 ноября 1992 года с дополнениями и изменениями от 22 января 2013 г. № 18-3. 25 с.]. Available from: URL: https://www.pravo.by/upload/docs/op/H11300018_1359061200.pdf.

Pugachevskiy A.V., Vershinskaya I.N., Yermokhin M.V., Stepanovich I.M., Sozinov O.V., Sakovich A.A., Rudakovskiy I.A., Kulak A.V., Zhuravlev D.V. 2013. *Rare biotopes of Belarus*. Minsk: Altiora – Living Colors. 236 pp. (in Russian). [Пугачевский А.В., Вершицкая И.Н., Ермохин М.В., Степанович И.М., Созинов О.В., Сакович А.А., Рудаковский И.А., Кулак А.В., Журавлев Д.В. 2013. Редкие биотопы Беларуси. Минск: Альтиора – Живые краски. 236 с.].

Red Book of the Nenets Autonomous Okrug: 2nd edition. 2020. N.V. Matveyeva, I.A. Lavrinenko, O.V. Lavrinenko, V.V. Morozov (eds.). 456 pp. (in Russian). [Красная книга Ненецкого автономного округа: 2-е издание. 2020. Гл. ред. Н.В. Матвеева, науч. ред. И.А. Лавриненко, О.В. Лавриненко, В.В. Морозов. Белгород: Константа. 456 с.].

Поступила в редакцию: 10.09.2024
Переработанный вариант: 30.10.2024

METHANE AND CARBON DIOXIDE FLUXES CORRELATION ACCORDING TO AUTOMATIC CHAMBER OBSERVATIONS AT THE MUKHRINO BOG RIDGE AND HOLLOW COMPLEX

Dyukarev E.A.^{1,2,3}, Veretennikova E.E.^{2,4}, Sabrekov A.F.¹, Kulik A.A.¹, Zarov E.A.¹

¹⁾ Югорский государственный университет, Ханты-Мансийск, Россия

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

³⁾ Институт физики атмосферы им. А.М. Обухова РАН, Москва, Россия

⁴⁾ Сибирский государственный медицинский университет, Томск, Россия

*e_dyukarev@ugrasu.ru

Citation: Dyukarev E.A., Veretennikova E.E., Sabrekov A.F., Kulik A.A., Zarov E.A. 2024. Methane and carbon dioxide fluxes correlation according to automatic chamber observations at the Mukhrino bog ridge and hollow complex. *Environmental dynamics and global climate change*. 15(4): 276–288.

DOI: 10.18822/edgcc636456

Аннотация

Цель: исследовать динамику удельных потоков парниковых газов (CO₂ и CH₄) в грядово-мочажинном олиготрофном болотном комплексе в подзоне средней тайги Западной Сибири с учетом их пространственной неоднородности под воздействием факторов внешней среды, выявить степень влияния метеорологических параметров на потоки парниковых газов, а также установить количественные зависимости между наблюдаемыми потоками углекислого газа и метана.

Методы: измерения потоков парниковых газов проводились с использованием камерной автоматической системы мониторинга с восемью прозрачными камерами и газоанализатором для анализа концентраций CO₂, CH₄ и H₂O.

Результаты: получены оценки средних значений потоков CO₂ и CH₄ с поверхности болота; показаны различия в функционировании гряды и мочажины: медианные значения потока CO₂ свидетельствуют о большем его поглощении на гряде (-74.4 мгCO₂/м²/ч), чем на мочажине (-52.7 мгCO₂/м²/ч); потоки метана на гряде (0.08 мгCH₄/м²/ч) в среднем в 20 раз меньше, чем на мочажине (2.76 мгCH₄/м²/ч). Выявлены корреляционные зависимости потоков парниковых газов с факторами среды: наибольшие связи выявлены с интенсивностью приходящей солнечной ($r = -0.84 \div -0.91$), фотосинтетически активной радиации ($r = -0.85 \div -0.92$), температурой ($r = -0.51 \div -0.63$) и относительной влажностью воздуха ($r = +0.56 \div +0.62$).

Выводы: на основе данных пространственной и временной вариабельности потоков исследованы взаимосвязи между удельными потоками парниковых газов. Корреляционные связи между потоками парниковых газов отличаются в ночное и дневное время, что напрямую связано с внешними факторами.

Ключевые слова: парниковые газы, чистый экосистемный обмен, эмиссия метана, Западная Сибирь, камерный метод.

Aim: To study the dynamics of specific greenhouse gas (CO₂ and CH₄) fluxes in a ridge-and-moss oligotrophic bog complex in the middle taiga subzone of Western Siberia taking into account their spatial heterogeneity under the influence of environmental factors, to reveal the degree of influence of meteorological parameters on greenhouse gas fluxes, and to establish quantitative relationships between the observed fluxes of carbon dioxide and methane.

Methods: Greenhouse gas fluxes were measured using the chamber automatic monitoring system with eight transparent chambers and CO₂, CH₄ and H₂O gas analyzer.

Results: The mean values of CO₂ and CH₄ fluxes from bog surface were obtained; differences in the functioning of the ridge and the hollow are shown: median values of CO₂ fluxes indicate a greater uptake on the ridge (-74.4 mgCO₂/m²/h) than on the hollow (-52.7 mgCO₂/m²/h); methane fluxes on the ridge (0.08 mgCH₄/m²/h) are on average 20 times lower than on the hollow (2.76 mgCH₄/m²/h). Correlation of greenhouse gas fluxes with environmental factors were revealed: the highest correlations were found with the intensity of incoming solar ($r = -0.84 \div -0.91$) and photosynthetically active radiation ($r = -0.85 \div -0.92$), air temperature ($r = -0.51 \div -0.63$) and relative air humidity ($r = +0.56 \div +0.62$).

Conclusions: Correlations between specific greenhouse gas fluxes were studied based on spatial and temporal flux variability data. Correlations between greenhouse gas fluxes are different at night and daytime, which is directly related to environmental factors.

Key words: greenhouse gases, net ecosystem exchange, methane emissions, Western Siberia, chamber method.

ВВЕДЕНИЕ

Болота играют существенную роль в регуляции климата планеты, участвуя в круговороте двух ключевых парниковых газов – углекислого газа и метана [Forster et al., 2021: 961]. С одной стороны, болотные экосистемы поглощают углекислый газ в процессе фотосинтеза, аккумулируя торф. Запасы углерода в болотах составляют 520-710 Гт углерода, то есть около трети всего почвенного углерода на Земле [Poulter et al., 2021]. Формирование торфяных отложений происходит в ходе отмирания частей растений, которые по мере роста поверхности болота оказываются ниже уровня болотных вод в анаэробных (бескислородных) условиях, в которых скорость разложения органического вещества микроорганизмами замедляется на порядки по сравнению с аэробной (содержащей кислород) средой [Poulter et al., 2021]. С другой стороны, при разложении органического вещества в анаэробных условиях выделяется не только углекислый газ, но и метан, обладающий в 27 раз более высоким потенциалом глобального потепления (ПГП) [Climate change, 1990] на масштабе столетия [Forster et al., 2021: 1017]. Болотные экосистемы – глобально значимый источник метана, выделяющий в атмосферу 149-165 Тг CH_4 в год [Saunio et al., 2024]. Таким образом, воздействие болотных экосистем на климат в качестве источника или стока парниковых газов зависит от соотношения двух процессов: поглощения диоксида углерода, сдерживающего глобальный рост температуры воздуха, и выделения метана, ускоряющего этот рост.

В литературе опубликовано сравнительно немного оценок баланса одновременно и углекислого газа, и метана для болотных экосистем [Petrescu et al., 2015], а результаты, полученные на болотах в различных природных зонах, ведут к противоположным выводам. Например, грядово-мочажинное олиготрофное болото Mer Bleue в провинции Онтарио, Канада [Roulet et al., 2007], грядово-мочажинное мезотрофное болото в штате Миннесота, США [Olson et al., 2013], грядово-мочажинное олиготрофное болото Сииканева-2, Финляндия [Alekseychik et al., 2021], показали положительное радиационное воздействие на климат. Напротив, облесённое эвтрофное болото в провинции Альберта, Канада [Long et al., 2010], а также бугристое и открытое верховое болото комплекса Стордален, Швеция [Holmes et al., 2022], интенсивно поглощают углекислый газ и имеют отрицательные значения радиационного воздействия. Термокарстовые и эвтрофное болота на стационаре Бонанза Крик в штате Аляска, США, оказались нетто-источниками и углекислого газа, и метана [Euskirchen et al., 2022].

Выделение метана в значительной степени зависит от уровня болотных вод [Potter, 1997; Cui et al., 2024], температуры почвы [Dunfield et al., 1993; Veretennikova, Dyukarev, 2021], структуры растительного покрова [Ström et al., 2012; Ge et al., 2023], скачков атмосферного давления [Knox et al., 2021] и прочих факторов [Jentsch et al., 2024]. Потоки углекислого газа формируются под влиянием множества факторов, таких как приходящая солнечная радиация [Farquhar et al., 1980], температура и влажность воздуха [Reichstein et al., 2005; Li et al., 2022], характеристики растительного покрова [Shaver, Kummerow, 1992] и пр. Влияние болотных экосистем на общий баланс парниковых газов различно и может зависеть от множества параметров окружающей среды и биотических факторов. Характер этих зависимостей на разных временных и пространственных масштабах активно исследуется в настоящее время [Li et al., 2022; Ilyasov et al., 2023; Kulik and Zarov, 2023; Jentsch et al., 2024; Cui et al., 2024].

Цель настоящей работы была в исследовании динамики удельных потоков парниковых газов (CO_2 и CH_4) в грядово-мочажинном олиготрофном болотном комплексе в подзоне средней тайги Западной Сибири с учетом их пространственной неоднородности под воздействием факторов внешней среды, выявлении степени влияния метеорологических параметров на потоки парниковых газов и количественных зависимостей между наблюдаемыми потоками углекислого газа и метана.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Организация наблюдений

Объект исследования. Измерения проводились на олиготрофном болоте Мухрино (60°53'20" с.ш., 68°42'10" в.д.), расположенном в подзоне средней тайги Западной Сибири в 20 км к юго-западу от г. Ханты-Мансийска [Kurgianova et al., 2022]. Климат региона – гумидный континентальный с тёплым летом (полубореальный, Dfb по классификации Кёппена). Средняя температура воздуха за 1995-2023 годы для станции в Ханты-Мансийске равна -0.32 °С, самого холодного месяца (января) –

19.4 °С, самого тёплого месяца (июля) – 18.2 °С. Средняя годовая сумма осадков за этот же период составила 613 мм, из них 39% приходится на три летних месяца [ВНИИГМИ-МЦД, 2024].

Измерения потоков углекислого газа и метана проводили в олиготрофном грядово-мочажинном болотном комплексе (ГМК) – типичном и наиболее распространенном для центральной части Западной Сибири типе болотных экосистем, занимающем 43% площади всех болот средней тайги [Терентьева и др., 2020]. Подробное описание ландшафтных и экологических характеристик болота Мухрино приведено в [Kurpianova et al., 2022]. Исследованный ГМК состоит из повышенных выпуклых багульниково-касандрово-сфагновых (*Ledum palustre*, *Chamaedaphne calyculata*, *Sphagnum fuscum*) гряд с редкой сосной (*Pinus sylvestris*) и плоских сфагново-шейхцериевых мочажин (*Scheuchzeria palustris*, *Sphagnum balticum*, *S. majus*). Уровень болотных вод на грядах в среднем на 15-40 см ниже поверхности мха, в мочажинах – на 0-10 см ниже поверхности мха. В рельефе гряды поднимаются над мочажинами на 10-50 см и ориентированы перпендикулярно стоку воды. В окрестности радиусом 200 м от пункта наблюдений мочажина занимают 67% площади, 1% приходится на участки открытой воды, а остальное (32%) – на гряды [Aleksyichik et al., 2017]. Измерения потоков парниковых газов в грядово-мочажинных комплексах болота Мухрино проводятся в течение последних семнадцати лет [Kleptsova et al., 2010; Sabrekov et al., 2011; Aleksyichik et al., 2017; Dyukarev et al., 2021a; Plyasov et al., 2023; Kulik and Zarov, 2023].

Измерение удельных потоков CO₂ и CH₄. Удельные потоки углекислого газа и метана регистрировали с помощью автоматического камерного метода [Краснов и др., 2012; Koskinen et al., 2014; Dyukarev et al., 2019]. Камерная автоматизированная система мониторинга (КАСМ8, Россия), содержащая восемь прозрачных камер размером 50x50x50 см, модуль прокачки, переключатель воздушных потоков и блок регистрации данных (Рис. 1а, б), была размещена с конца мая 2023 года на ГМК в 700 м от окраины болотного массива. Четыре камеры были установлены на мочажине и четыре – на гряде (Рис. 1в). В период с 28 мая (с 12:00) по 3 июня (до 15:00) каждые 30 минут камеры последовательно закрывались на 3 минуты. В это время воздух непрерывно прокачивался со скоростью около 2 л/мин через газоанализатор LI-7810 (LI-COR Biosciences, США), измерявший концентрации CO₂, CH₄ и H₂O и записывавший их во внутреннюю память прибора.

Интенсивность потоков парниковых газов рассчитывалась по линейной скорости изменения концентрации в течение 1 мин 30 секунд после закрытия камеры, как это описано в [Глаголев и др., 2010]. Метеорологические характеристики регистрировались автоматической метеостанцией (In Situ Instruments AB, Швеция) [Dyukarev et al., 2021b]. Измерение потоков осуществлялось круглосуточно, так что потоки CO₂ представляли собой чистый экосистемный обмен (NEE – net ecosystem exchange) в дневное время и экосистемное дыхание ночью. Положительные значения потоков парниковых газов соответствуют выделению, а отрицательные значения – поглощению газов.

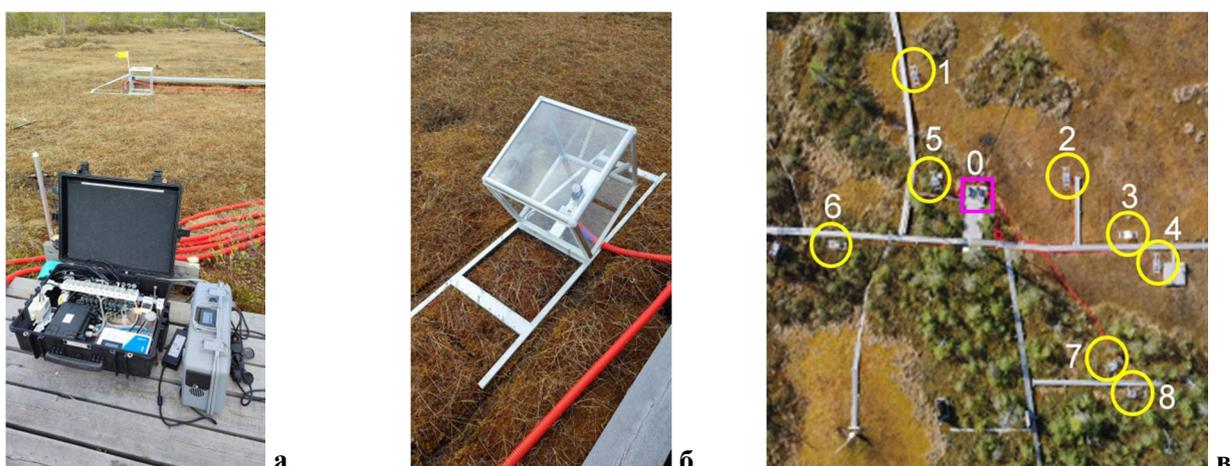


Рис. 1. Внешний вид камерной автоматизированной системы мониторинга потоков парниковых газов КАСМ8 (а) и одной из измерительных камер (б). Схема размещения камер на ГМК (в), 0 – модуль управления КАСМ8, желтыми кружками обозначены места размещения измерительных камер 1-8.

Fig. 1. External appearance of the chamber automated system for monitoring greenhouse gas fluxes KASM8 (a) and one of the measuring chambers (б). Layout of the chamber on the ridge-hollow complex (в), 0 – KASM8 control module, yellow circles indicate the locations of measuring chambers 1-8.

Корреляционный анализ. Для выявления метеорологических характеристик, влияющих на формирование потоков парниковых газов, были рассчитаны коэффициенты корреляции Спирмена (r), позволяющие оценить в том числе и нелинейные связи между величинами. Коэффициенты корреляции вычислялись для каждой камеры отдельно, чтобы исключить эффект сглаживания вариаций потоков. Для выявления механизма взаимосвязей потоков метана и углекислого газа был проведен корреляционный анализ со смещением фазы. Были рассчитаны коэффициенты корреляции Спирмена между временными рядами удельных потоков метана и углекислого газа, причем значения потока CO_2 последовательно смещались на один шаг по времени на более ранний срок.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Удельные потоки CO_2 и CH_4

Температура воздуха за период наблюдений (с 28 мая по 3 июня 2023 г.) изменялась от 4.2 до 28.8 °С, относительная влажность воздуха ночью составляла 60-100%, а днем снижалась до 30%. Кратковременный незначительный дождь с суммой осадков 0.2 мм наблюдался в 4 ч утра 3 июня. Погода преимущественно была солнечная, интенсивность приходящей солнечной радиации достигала 740-803 Вт/м², за исключением 28 мая и 1 июня, когда радиация не превышала 550 и 660 Вт/м² соответственно.

Потоки CO_2

Всего за период наблюдений получено по 295 значений удельных потоков CO_2 и CH_4 для каждой из восьми камер, или по 1180 значений для гряды и мочажины. Временной ход удельных потоков парниковых газов приведен на Рис 2.

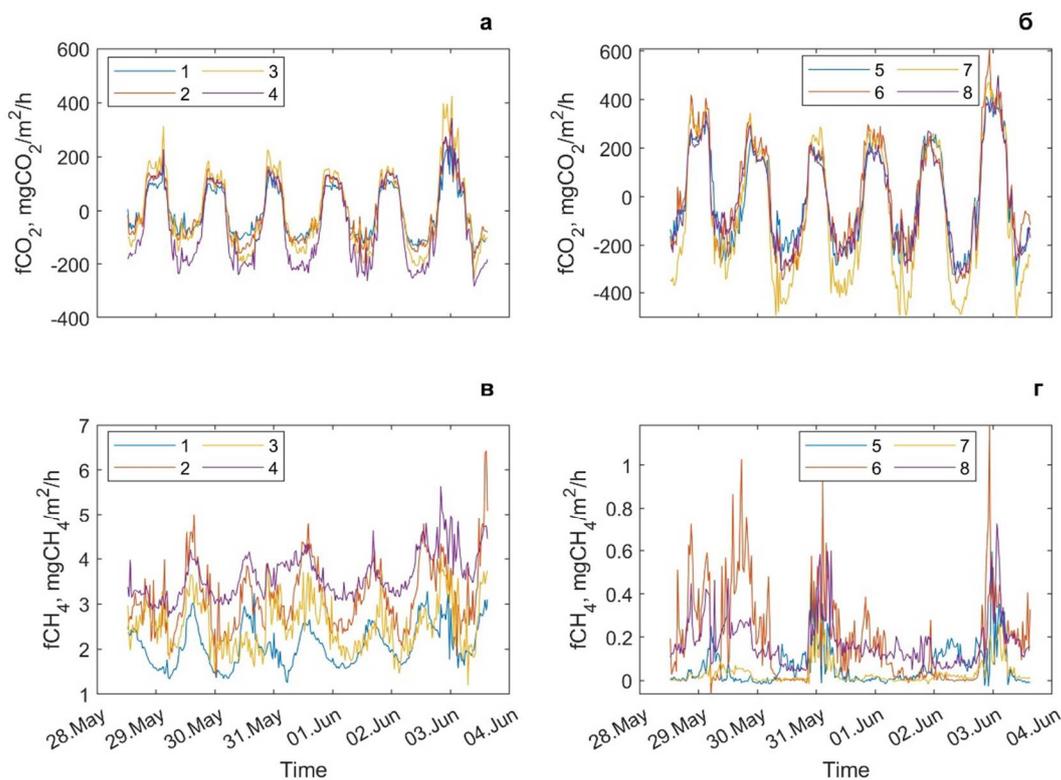


Рис. 2. Потоки углекислого газа (а, б) и метана (в, г) по камерным измерениям с 28 мая по 3 июня 2023 г. на мочажине (а, в) и гряде (б, г). Камеры 1-4 – мочажина (а, в), камеры 5-8 – грядка (б, г).

Fig. 2. Carbon dioxide (а, б) and methane (в, г) fluxes according to chamber measurements from May 28 to June 3, 2023, on a hollow (а, в) and a ridge (б, г). Chambers 1-4 – hollow (а, в), chambers 5-8 – ridge (б, г).

Потоки углекислого газа (Рис. 2а, 2б) имеют явно выраженный суточный ход как на мочажине (камеры 1-4), так и на гряде (камеры 5-8). Амплитуда суточного хода потоков CO_2 на гряде выше, чем

на мочажине. Ночью камерами, установленными на гряде, зафиксировано выделение CO_2 со скоростью от 120 до $609.8 \text{ мгCO}_2/\text{м}^2/\text{ч}$, днем выявлено поглощение CO_2 со скоростью от -89 до $-504.2 \text{ мгCO}_2/\text{м}^2/\text{ч}$. На мочажине ночные и дневные потоки CO_2 составляли от 65 до 423.9 и от -48 до $-282.9 \text{ мгCO}_2/\text{м}^2/\text{ч}$ соответственно. На гряде медианные значения потока CO_2 свидетельствуют о большем его поглощении ($-74.4 \text{ мгCO}_2/\text{м}^2/\text{ч}$), чем на мочажине ($-52.7 \text{ мгCO}_2/\text{м}^2/\text{ч}$) (Табл. 1). Этот факт, скорее всего, связан с тем, что измерения проводились в начале вегетационного периода, то есть в то время, когда на гряде наблюдалось активное развитие травяного покрова, что и обеспечило большее поглощение CO_2 . При рассмотрении всего вегетационного периода суммарный поток на гряде ниже, чем на мочажине [Dyukarev et al., 2019].

Таблица 1. Удельные потоки углекислого газа и метана на грядово-мочажинном комплексе с 28 мая по 3 июня 2023 г. и их отношение (в пересчете на углерод).

Table 1. Specific fluxes of carbon dioxide and methane in the ridge-hollow complex from May 28 to June 3, 2023 and their ratio (in terms of carbon).

		Поток CO_2 ($f\text{CO}_2$), $\text{мгCO}_2/\text{м}^2/\text{ч}$	Поток CH_4 ($f\text{CH}_4$), $\text{мгCH}_4/\text{м}^2/\text{ч}$	Поток CH_4 , мгCO_2 - экв/ $\text{м}^2/\text{ч}$	$f\text{CH}_4_C$: $f\text{CO}_2_C$, %
Медиана	Мочажина	-52.7	2.76	74.5	-14.4
	Гряда	-74.4	0.08	2.2	-0.3
СКО	Мочажина	120.9	0.49	13.2	
	Гряда	221.2	0.09	2.4	
Минимум	Мочажина	-282.9	1.20	32.4	
	Гряда	-504.2	-0.06	-1.6	
Максимум	Мочажина	423.9	6.42	173.3	
	Гряда	609.8	0.73	19.7	
Среднее	Мочажина	-16.2	2.85	77.0	-48.4
	Гряда	-22.7	0.12	3.2	-1.5
Среднее (день)	Мочажина	-116.4	2.96	79.9	-7.0
	Гряда	-208.4	0.09	2.4	-0.1
Среднее (ночь)	Мочажина	135.6	2.72	73.4	5.5
	Гряда	244.0	0.17	4.6	0.2

Примечание: $f\text{CO}_2_C$, $f\text{CH}_4_C$ – потоки углекислого газа и метана в пересчете на потоки углерода. $f\text{CO}_2_C = f\text{CO}_2 \cdot M_C/M_{\text{CO}_2}$, $f\text{CH}_4_C = f\text{CH}_4 \cdot M_C/M_{\text{CH}_4}$, M_C , M_{CO_2} , M_{CH_4} – молярная масса углерода, углекислого газа и метана.

Note: $f\text{CO}_2_C$, $f\text{CH}_4_C$ – carbon dioxide and methane fluxes converted to carbon fluxes. $f\text{CO}_2_C = f\text{CO}_2 \cdot M_C/M_{\text{CO}_2}$, $f\text{CH}_4_C = f\text{CH}_4 \cdot M_C/M_{\text{CH}_4}$, M_C , M_{CO_2} , M_{CH_4} – molar mass of carbon, carbon dioxide and methane.

Потоки CH_4

Согласно камерным измерениям, потоки метана на гряде и мочажине значительно различаются (Рис. 2в, г, Табл. 1). На мочажине (Рис. 2а) потоки метана имеют суточный ход с вариациями от 1.2 до $6.42 \text{ мгCH}_4/\text{м}^2/\text{ч}$. Вместе с тем наблюдались отдельные кратковременные всплески эмиссии CH_4 , увеличивающие поток на $0.5\text{-}1.0 \text{ мгCH}_4/\text{м}^2/\text{ч}$. Обнаружены статистически значимые различия (по t-тесту) между медианными значениями потоков, рассчитанных для разных камер на мочажине ($p < 0.001$, $n = 295$). Так, в камере № 4 в среднем за весь период медианное значение потока составило ($3.53 \text{ мгCH}_4/\text{м}^2/\text{ч}$), в камере № 2 потоки чуть ниже ($3.02 \text{ мгCH}_4/\text{м}^2/\text{ч}$). В камерах № 3 и № 1 удельные потоки метана близки и составили 2.45 и $2.0 \text{ мгCH}_4/\text{м}^2/\text{ч}$ соответственно.

На гряде потоки метана (Рис. 2г) в среднем в 20 раз меньше, чем на мочажине. В отдельные моменты времени здесь регистрируется слабое поглощение метана (со скоростью до $0.06 \text{ мгCH}_4/\text{м}^2/\text{ч}$). Максимальные значения удельного потока, зарегистрированные на гряде, не превышают $1.19 \text{ мгCH}_4/\text{м}^2/\text{ч}$, что практически совпадает с минимальными значениями для мочажины. Как и на мочажине, на гряде выделение метана из разных камер значимо различается между собой: медианный поток варьируется от 0.01 (камера № 7) до $0.15 \text{ мгCH}_4/\text{м}^2/\text{ч}$ (камера № 6).

Отношение потока CH_4 к CO_2 составило 48.4 и 1.5% для мочажины и гряды соответственно в пересчете на углерод (см. примечание к Табл. 1). Отношение потоков CH_4 к CO_2 принципиально различается для дневных и ночных измерений. Днем это отношение составляет -7.0 и -0.1%, а ночью – + 5.5 и + 0.2% для мочажины и гряды соответственно. При пересчете удельных потоков метана на CO_2 -эквивалент и использовании коэффициента ППП = 27 для метана [Forster et al., 2021: 1017] выявлено, что мочажина в среднем характеризуется незначительными положительными потоками в

пересчете на CO₂-эквивалент на столетнем периоде, а гряды вследствие меньшего выделения метана – отрицательными потоками в CO₂-эквиваленте.

Корреляционный анализ

Получено, что наибольшие (по модулю) коэффициенты корреляции потоков углекислого газа найдены с интенсивностью приходящей солнечной ($r = -0.84 \div -0.91$), или фотосинтетически активной радиации ($r = -0.85 \div -0.92$), температурой воздуха ($r = -0,51 \div -0,63$) и относительной влажностью воздуха ($r = +0.56 \div +0.62$). Уровень значимости для приведенных здесь и далее коэффициентов корреляции менее 0.05.

Значимые коэффициенты корреляции были обнаружены между потоками метана и метеорологическими характеристиками. Однако, как правило, знак коэффициента корреляции для потоков на мочажине отличается от знака коэффициента для гряды. Например, значимые корреляции между потоками метана и интенсивностью ФАР (Рис. 3) имеют значения от +0.38 до +0.47 для мочажины и от -0.23 до -0.38 для гряды. Между потоком метана и температурой воздуха на мочажине получены положительные коэффициенты корреляции ($r = +0.30 \div +0.66$), а для гряды – отрицательные ($r = -0.28 \div -0.43$). Схожие закономерности получены и для температуры торфяной залежи на мочажине $r = +0.30 \div +0.78$, для гряды $r = -0.23 \div -0.28$. Это говорит о разнонаправленности процессов, отвечающих за продукцию и окисление метана в различных условиях ГМК. Отметим, что для камер № 3 (мочажина) и № 5 (гряда) значимой корреляции с характеристиками радиации и температуры воздуха не обнаружено.

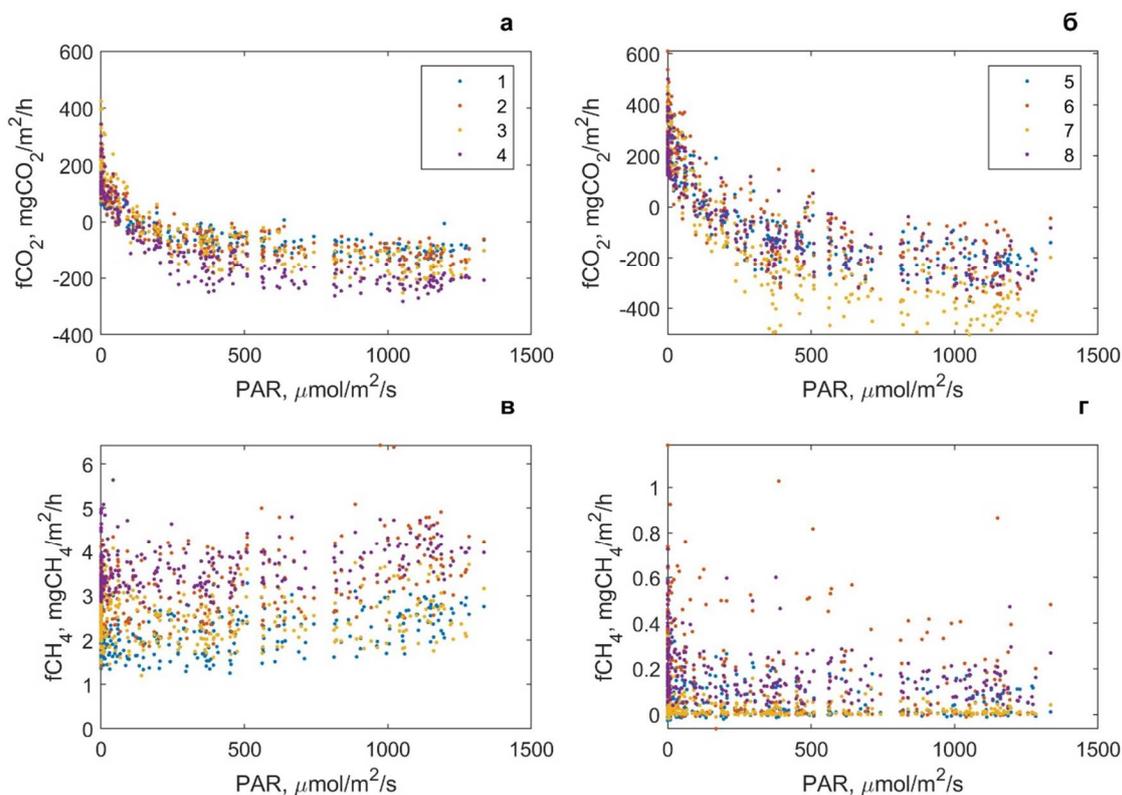


Рис. 3. Взаимосвязь удельных потоков CO₂ (а, б), CH₄ (в, г) и интенсивности приходящей фотосинтетически активной радиации. Камеры 1-4 – мочажина (а, в), камеры 5-8 – гряда (б, г).

Fig. 3. Relationship between specific fluxes of CO₂ (а, б), CH₄ (в, г) and intensity of incoming photosynthetically active radiation. Chambers 1-4 – hollow (а, в), chambers 5-8 – ridge (б, г).

Значимые коэффициенты корреляции получены между рядами удельных потоков углекислого газа и метана (Табл. 2). Преимущественно отрицательные корреляционные связи получены для потоков на мочажине ($r = -0.22 \div -0.36$, $p < 10^{-4}$), за исключением камеры № 3, в которой выявлена положительная связь ($r = +0.26$, $p < 10^{-5}$). На гряде получены положительные связи между потоками CO₂ и CH₄ ($r = +0.39 \div +0.67$), при этом самый низкий коэффициент корреляции был отмечен для камеры № 5 ($r = +0.18$, $p = 0.003$).

На рис. 4а отобрано облако точек, иллюстрирующее корреляционные взаимосвязи между удельными потоками углекислого газа и метана. Для мочажины линейная взаимосвязь потоков прослеживается при рассмотрении всего массива наблюдений, однако околонулевым потокам CO_2 соответствуют пониженные значения потоков CH_4 . При увеличении потоков CO_2 по модулю также увеличиваются и потоки метана. Если рассмотреть отдельно только дневные и только ночные наблюдения, то данная закономерность может быть оценена количественно. В период ночных наблюдений ($\text{PAR} < 20$ мкмоль/м²/с), когда потоки CO_2 принимают положительные значения, на мочажине и гряде получены значительные положительные коэффициенты корреляции ($r = +0.38 \div +0.78$), и линии регрессии имеют положительные коэффициенты наклона. Увеличение выделения CO_2 совпадает с увеличением эмиссии метана, что может быть объяснено воздействием единого управляющего параметра (например, температуры почвы), в частности, на образование как CO_2 , так и CH_4 .

Днем, при преимущественно отрицательных потоках CO_2 , тип связи между потоками парниковых газов меняется. Для гряды наблюдаются положительные коэффициенты корреляции ($r = +0.27 \div +0.62$) и снижение потока метана при увеличении поглощения CO_2 растительностью. Для мочажины коэффициенты корреляции отрицательные ($r = -0.21 \div -0.38$), то есть выделение метана усиливается наряду с ростом интенсивности фотосинтеза. При этом на мочажине в дневное время суток данная связь имеет отрицательный характер (за исключением камеры № 3), а ночью – положительный. На гряде потоки метана и углекислого газа всегда характеризуются положительной взаимосвязью (см. Табл. 2).

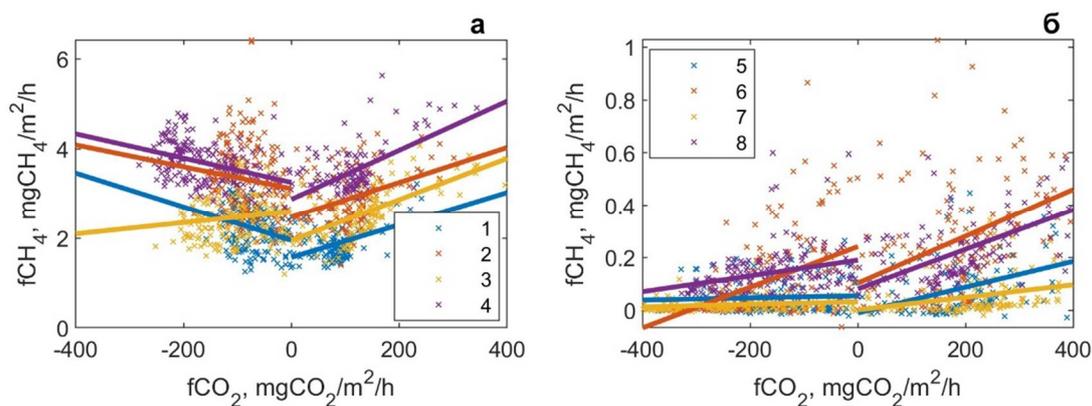


Рис. 4. Взаимосвязь между удельными потоками CO_2 и CH_4 . Камеры 1-4 – мочажина (а), камеры 5-8 – гряда (б). Линиями показана аппроксимация данных линейной зависимостью.

Fig. 4. Relationship between specific fluxes of CO_2 and CH_4 . Chambers 1-4 – hollow (а), chambers 5-8 – ridge (б). Lines show approximation of data by linear dependence.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Выявленные корреляционные связи потоков углекислого газа и метеорологических параметров проявляются как для пунктов наблюдений на гряде, так и на мочажине и указывают на известные закономерности изменения интенсивности фотосинтеза с увеличением освещенности [Farquhar et al., 1980]. Отрицательные коэффициенты корреляции между потоком CO_2 и температурой воздуха являются также проявлением этой закономерности.

Обнаружение отрицательной взаимосвязи потока метана с температурой не соответствовало результатам, полученным ранее, в которых были выявлены положительные корреляции между потоком и температурой торфяной залежи для болотных экосистем открытого и залесенного типа Бакчарского болота, расположенного в южной тайге [Veretennikova, Dyukarev, 2021]. Однако следует отметить, что эти связи были установлены для более длительного интервала времени (для всего вегетационного периода). Отрицательные зависимости между температурой и потоком метана на гряде свидетельствуют о более высоком окислении метана в дневное время в прогретом аэробном слое. Подобную отрицательную зависимость интенсивности эмиссии метана от температуры отмечали на омбротрофном болоте с кустарничковой растительностью и сосной на юге Финляндии [Korkiakoski et al., 2017].

Наблюдаемые закономерности взаимосвязей потоков CO_2 и CH_4 в дневное время можно объяснить различными факторами и процессами. Одной из очевидных, на наш взгляд, причин, оказывающих влияние на взаимосвязь потоков, является количество приходящей солнечной

радиации с утренних часов до полудня (а именно с 8 до 12 часов местного времени). Приходящая солнечная радиация в этот период времени вызывает рост интенсивности фотосинтеза, вследствие чего наблюдаются отрицательные потоки CO₂, максимальные (по модулю). В середине дня и после полудня более интенсивный прогрев торфяной залежи способствует увеличению гетеротрофного и экосистемного дыхания, и это в свою очередь приводит к еще большему снижению наблюдаемых потоков CO₂, даже несмотря на достаточно большое поступление солнечной радиации в этот период времени.

На мочажине болотные воды находятся достаточно близко к поверхности и хорошо прогреваются. Максимум температуры торфа на глубине 10 см наблюдается на 2 часа позже максимума температуры торфа на поверхности. Прогрев верхних слоев торфа, насыщенных водой, интенсифицирует анаэробное разложение растительных остатков и рост интенсивности эмиссии метана в 12-16 ч местного времени. Кроме того, нельзя отрицать роль растительности (в частности, *Scheuchzeria pallustris*, произрастающая на исследуемой мочажине) в регуляции оттока метана из мочажины. Известно, что аэренхимные (или сосудистые) растения помогают избежать окисления метана метанотрофными микробами в аэробном слое торфа, действуя как основной канал выхода метана в атмосферу (например, Green and Baird 2012; Korrensalo et al., 2022). Этот факт также необходимо учитывать при рассмотрении особенностей эмиссии метана с поверхности мочажины исследуемого ГМК. В результате увеличение эмиссии метана оказывается согласовано с интенсификацией поглощения CO₂ растениями в полдень, что демонстрируют отрицательные коэффициенты корреляции (Табл. 2). На гряде уровень болотных вод находится на глубине около 30-50 см, и тепловая волна достигает анаэробного слоя с запозданием примерно на 12-15 часов [Киселев и др., 2019]. Однако в прогретом аэробном слое (выше уровня воды) активизируются метанотрофы, преобразующие CH₄ в CO₂, и поток метана с поверхности в послеполуденные часы снижается. Этот процесс также хорошо отражают полученные отрицательные корреляции между потоком метана и температурой торфяной залежи. Кроме того, корреляционный анализ показывает положительные связи между потоками CH₄ и CO₂ днем: низкие положительные значения потока метана согласованы с более низкими значениями потока CO₂ (более интенсивное поглощение).

Таблица 2. Коэффициент корреляции Спирмана между удельными потоками CO₂ и CH₄, вычисленный по всем значениям (r), ночным (rN) и дневным (rD). rS – наибольший коэффициент корреляции между удельными потоками CO₂ и CH₄, полученный при сдвиге одного из рядов на dt часов.

Table 2. Spearman correlation coefficient between specific fluxes of CO₂ and CH₄ calculated for all values (r), nighttime (rN) and daytime (rD). rS is the largest correlation coefficient between specific fluxes of CO₂ and CH₄, obtained by shifting one of the series by dt hours.

Камера	r	rN	rD	dt, ч	rS
Мочажина					
1	-0.36	0.38	-0.35	4	-0.74
2	-0.22	0.45	-0.21	4.5	-0.58
3	0.26	0.78	0.14*	6.5	-0.41
4	-0.30	0.38	-0.38	3	-0.44
Гряда					
5	0.18	0.46	0.08*	4	0.25
6	0.67	0.66	0.62	-	-
7	0.39	0.55	0.27	-	-
8	0.51	0.64	0.44	-	-

Примечание: * – незначимые коэффициенты корреляции, p>0.05

Note: * – insignificant correlation coefficients, p>0.05

С другой стороны, увеличение выделения метана одновременно с ростом поглощения CO₂ на мочажине в дневное время суток может быть связано с увеличением поступления корневых экссудатов, участвующих в продукции CH₄. Методы стабильных изотопов показали, что значительная часть выделяемого CH₄ из болотных экосистем происходит из свежего углерода, зафиксированного растительностью в результате фотосинтеза [Chanton et al., 1995; Ström et al., 2015; Dorodnikov et al., 2011; Korrensalo et al., 2022]. Косвенно этот процесс может демонстрировать корреляционная связь потоков метана и чистого экосистемного обмена (NEE). Во многих исследованиях сообщается о существовании взаимосвязи между NEE и потоком CH₄ для разных

типов болотных экосистем, при этом ученые наблюдают как отрицательную, так и положительную взаимосвязь, а также отсутствие таковой [Whiting and Chanton, 1993; Waddington et al., 1996; Bellisario et al., 1999; Lai et al., 2014].

В частности, отрицательную взаимосвязь между NEE и потоком метана, которую мы также наблюдали на исследуемой нами мочажине ГМК, частично можно объяснить стимуляцией продукции метана за счет увеличения поступления лабильного органического углерода в ризосферу посредством корневой экссудации [Whiting and Chanton, 1993; Ström et al., 2012]. Согласно [Shaver and Kummerow, 1992], значительное количество углерода, усвояемого сосудистыми растениями посредством фотосинтеза, может быть выделено под землей (от 47 до 92%). Кроме того, из корневой системы растений непрерывно высвобождается широкий спектр лабильных углеродных соединений [Marschner, 1995], которые, попадая в почву, могут служить легкодоступным субстратом для почвенной микробиоты, в том числе и для метаногенных микроорганизмов, оказывая существенное влияние на продукцию метана в почве [Joabsson et al., 1999]. В частности, для болотных экосистем особый интерес представляет уксусная кислота (соли и сложные эфиры которой называются ацетатами), которая часто оказывается субстратом для метаногенных микроорганизмов (например, [Bellisario et al., 1999; Ström et al., 2012]).

В многочисленных исследованиях [Ström et al., 2012; Greenup et al., 2000; Dorodnikov et al., 2011; Korrensaalo et al., 2021] было показано, что видовой состав сосудистых растений влияет на поток CH_4 и доступность субстрата для метаногенов, и указана важность таких видов сосудистой растительности, как *Eriophorum sp.*, *Carex sp.* и *Scheuchzeria sp.*, в этом отношении. Наличие в растительном покрове сосудистых растений приводит к более высоким потокам метана и более высокому усвоению CO_2 через фотосинтез. Это в первую очередь обусловлено значительной концентрацией лабильных низкомолекулярных соединений в корневой зоне этих видов растений. Исходя из наших исследований, есть основания говорить о влиянии растительного сообщества шейхцерии на поддержание связей между потоками метана и углекислого газа.

Если свежий фотосинтетический материал (образуемый за счет фотосинтетического поглощения CO_2) является субстратом для продукции метана, то мы предположили, что поток метана будет отставать от фотосинтетического поглощения CO_2 на определенный период времени. Максимальное смещение составляло 24 часа, или 48 значений. Таким образом были получены наборы корреляционных коэффициентов (Рис. 5), по которым видно фазовое запаздывание одного временного ряда относительно другого. Расчеты были выполнены для каждой измерительной камеры в отдельности.

Получено, что для мочажины наилучшие (отрицательные) значения коэффициента корреляции получаются при сдвиге ряда потока CO_2 на 3-6.5 часа на более ранний срок (Табл. 2, Рис. 5). Медианное значение величины сдвига, обеспечивающее наилучшую корреляцию, составляет 4.25 ± 1.5 часа. Величина коэффициента корреляции увеличивается (по модулю) до $-0.41 \div -0.74$. Линии регрессии, построенные по временным рядам со смещением, удовлетворительно описывают взаимосвязи между потоками CO_2 и CH_4 в течение суток. Наилучшие связи получены для первой и второй камер.

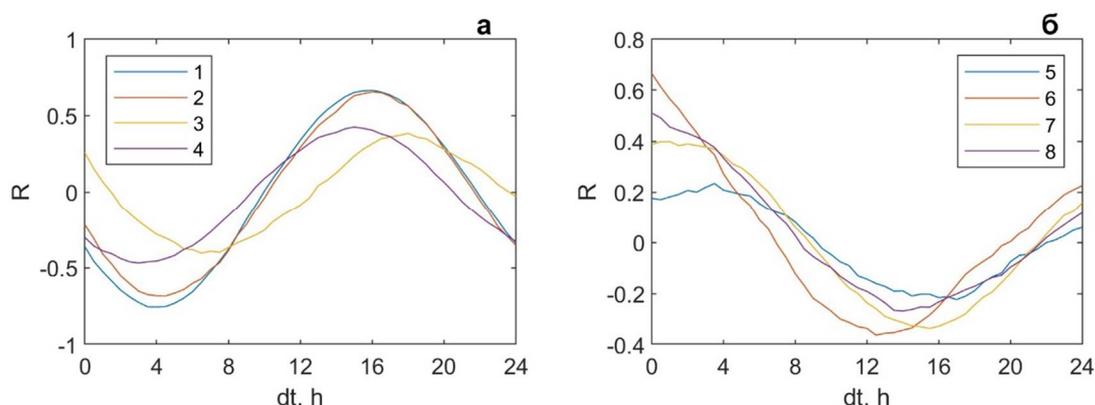


Рис. 5. Коэффициент корреляции Спирмана удельных потоков CH_4 и CO_2 со сдвигом dt . Камеры 1-4 – мочажина (а), камеры 5-8 – гряда (б).

Fig. 5. Spearman correlation coefficient of specific fluxes of CH_4 and CO_2 with shift dt . Chambers 1-4 – hollow (а), chambers 5-8 – ridge (б).

Для гряды смещение рядов потока CO_2 до 4 часов незначительно увеличивает коэффициент корреляции только в камере № 5. Для остальных камер коэффициент не изменяется или немного снижается. Наибольший отрицательный коэффициент корреляции получен для смещения в 12-17 часов и отражает взаимосвязь суточных колебаний потоков CO_2 и CH_4 .

Сравнение полученных нами результатов исследований с литературными данными показало, что временное отставание потока CH_4 от NEE на мочажине на 3-6,5 часа, в зависимости от камеры, несколько меньше, чем в бореальной топи с преобладанием осоки (США) [Waddington et al., 1996], для которой выявлено отставание в 6-12 часов, а также быстрее, чем в омбротрофной топи с сообществом *Eriophorum* в Канаде [Lai et al., 2014] с отставанием в 9-12 часов. На самом деле этот процесс может быть как очень быстрым (2 часа), так и достаточно медленным (до 24 часов), об этом свидетельствуют результаты, полученные для осокового болота в тундре [King and Reeburg, 2002].

Роль растительного покрова на гряде в процессах регулирования потоков парниковых газов, по-видимому, проявлена в меньшей степени. Как было показано выше, на гряде ГМК, в отличие от мочажины, как днем, так и ночью выделению и поглощению CO_2 сопутствовало несущественное выделение CH_4 (см. Табл. 2 и Рис. 4), соответственно, полученные корреляции имеют положительный знак. Фиксированный в результате фотосинтеза углерод дольше удерживается в тканях побегов кустарничков, в изобилии произрастающих на гряде (*Andromeda polifolia L.* и *Chamaedaphne calyculata L.*), и медленнее перемещается к их корням [Murphy and Moore, 2010]. Кроме того, корни вересковых кустарничков плохо адаптированы к бескислородным условиям, поэтому проникают в глубь торфяной залежи на 10-15 см, т.е. остаются в хорошо аэрируемой зоне. Поэтому большая часть лабильных веществ (экссудатов), выделяющихся из корней кустарничков, недоступна для метаногенных микроорганизмов, находящихся ниже уровня болотных вод. Это приводит к более медленному обновлению фотосинтетического материала и предпочтительному его сохранению в своих органах и тканях для последующего роста и развития вместо того, чтобы быстро доставлять лабильные органические вещества в ризосферу для последующей продукции метана [Murphy and Moore, 2010]. Поэтому на гряде ГМК роль лабильных органических веществ в процессах взаимосвязи метана и CO_2 не проявлена, как это может быть в условиях мочажины; возможно, именно по этой причине практически во всех камерах не было обнаружено корреляционных зависимостей между фотосинтетическим поглощением CO_2 и выделением CH_4 (за исключением слабой связи в одной камере). Ранее Lai et al (2014) также продемонстрировали положительную связь между потоками CO_2 и CH_4 на болоте Mer Bleue для участка с кустарничковой растительностью и пришли к выводу, что реакция потока метана на качество субстрата может значительно варьироваться в зависимости от растительного сообщества и уровня болотных вод. Также эти исследования продемонстрировали наличие отрицательной связи между потоками CO_2 и CH_4 на участках с преобладанием сосудистой растительности, что также согласуется с нашими результатами на мочажине.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Исследования потоков метана и углекислого газа, проведенные методом автоматических камер на олиготрофном грядово-мочажинном болотном комплексе, выполненные с высоким временным разрешением, показали, что интенсивность среднего удельного потока метана на мочажине в 24 раза выше, чем на гряде. Среднее за исследуемый период поглощение углекислого газа больше на гряде, чем на мочажине, в 1.4 раза. Отношение потока CH_4 к CO_2 составило 48.4 и 1.5% для гряды и для мочажины соответственно в пересчете на углерод. Обнаружена высокая временная изменчивость потоков CO_2 с явным проявлением суточного цикла, вызванного изменением приходящей солнечной радиации. Значимый суточный ход потоков метана получен только для мочажины ГМК.

С помощью корреляционного анализа получено, что на гряде удельные потоки метана возрастают при увеличении потока углекислого газа как днем, так и ночью. На мочажине в ночное время связь между потоками прямая, а днем – обратная. Продемонстрировано запаздывание изменений потока метана на 3-6.5 часа относительно потока CO_2 на мочажине, что, с одной стороны, может быть связано с изменением продуцирования и поглощения метана в торфяной толще вследствие колебаний температуры торфа, с другой – с увеличением поступления корневых экссудатов, участвующих в продукции CH_4 . В реальной ситуации, вероятно, действуют оба механизма. Выявить вклад каждого механизма в формирование потоков метана планируется в последующих работах.

На примере исследуемого ГМК мы показали, что исследуемый болотный комплекс является нетто-поглотителем атмосферного углерода. Безусловно, климаторегулирующая функция болот не сводится только к радиационному воздействию, однако в настоящей работе мы исследовали только баланс важнейших парниковых газов и взаимосвязи между их потоками.

БЛАГОДАРНОСТИ

Работа выполнена в рамках реализации важнейшего инновационного проекта государственного значения «Разработка системы наземного и дистанционного мониторинга пулов углерода и потоков парниковых газов на территории Российской Федерации» No 123030300031-6 при финансовой поддержке гранта Правительства Тюменской области программы Западно-Сибирского межрегионального научно-образовательного центра мирового уровня (национальный проект «Наука»). Обработка результатов наблюдений проведена при поддержке гранта РФФ № 22-47-04408.

Авторы благодарят рецензентов за внимательное прочтение рукописи и высказанные замечания.

ЛИТЕРАТУРА

Alekseychik P., Korrensalo A., Mammarella I., Launiainen S., Tuittila E.-S., Korpela I., Vesala T. 2021. Carbon balance of a Finnish bog: temporal variability and limiting factors based on 6 years of eddy-covariance data. *Biogeosciences*, 18: 4681–4704. DOI: 10.5194/bg-18-4681-2021.

Alekseychik P., Mammarella I., Karpov D., Dengel S., Terentjeva I., Sabrekov A., Glagolev M., Lapshina, E. Net ecosystem exchange and energy fluxes measured with the eddy covariance technique in a Western Siberian bog. *Atmos. Chem. Phys.*, 17: 9333–9345. DOI: 10.5194/acp-17-9333-2017.

Bellisario L.M., Bubier J.L., Moore T.R. 1999. Controls on CH₄ emissions from a northern peatland. *Global Biogeochemical Cycles*, 13: 81–91.

Chanton J.P., Bauer J.E., Glaser P.A., Siegel D.I., Kelley C.A., Tyler S.C., Romanowicz E.H., Lazrus A. 1995. Radiocarbon evidence for the substrates supporting methane formation within northern Minnesota peatlands. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 59: 3663-3668.

Climate Change. 1990. *The IPCC scientific assessment. Contribution of Working Group I to the First Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, 365 p.

Cui S., Liu P., Guo H., Nielsen C.K., Pullens J.W.M., Chen Q., Pugliese L., Wu, S. 2024. Wetland hydrological dynamics and methane emissions. *Communications Earth & Environment*, 5(1): 470.

Dorodnikov M., Knorr K.-H., Kuzyakov Y., Wilmking M. 2011. Plant-mediated CH₄ transport and contribution of photosynthates to methanogenesis at a boreal mire: a 14C pulse-labeling study. *Biogeosciences*, 8: 2365-2375. DOI: 10.5194/bg-8-2365-2011

Dunfield P., Dumont R., Moore, T.R., 1993. Methane production and consumption in temperate and subarctic peat soils: response to temperature and pH. *Soil Biology and Biochemistry*, 25(3): 321-326.

Dyukarev E., Filippova N., Karpov D., Shnyrev N., Zarov E., Filippov I., Voropay N., Avilov V., Artamonov A., Lapshina E. 2021b. Hydrometeorological dataset of West Siberian boreal peatland: a 10-year record from the Mukhrino fieldstation. *Earth System Science Data*, 13(6): 2595-2605. DOI: 10.5194/essd-13-2595-2021.

Dyukarev E., Zarov E., Alekseychik P., Nijp J., Filippova N., Mammarella I., Filippov I., Bleuten W., Khoroshavin V., Ganasevich G., Meshcheryakova A., Vesala T., Lapshina E. 2021a. The multiscale monitoring of peatland ecosystem carbon cycling in the middle taiga zone of Western Siberia: the Mukhrino bog case study. *Land*, 10(8): 824. <https://doi.org/10.3390/land10080824>.

Dyukarev E.A., Godovnikov E.A., Karpov D.V., Kurakov S.A., Lapshina E.D., Filippov I.V., Filippova N.V., Zarov E.A. 2019. Net Ecosystem Exchange, Gross Primary Production And Ecosystem Respiration In Ridge-Hollow Complex At Mukhrino Bog. *Geography, Environment, Sustainability*, 12(2): 227-244. DOI: 10.24057/2071-9388-2018-77.

Euskirchen E.S., Edgar C.W., Kane E.S., Waldrop M.P., Neumann R.B., Manies K.L., Douglas T.A., Dieleman C., Jones M.C., Turetsky M. R. 2024. Persistent net release of carbon dioxide and methane from an Alaskan lowland boreal peatland complex. *Global Change Biology*, 30: e17139. DOI: 10.1111/gcb.17139.

Farquhar, G.D., von Caemmerer, S., Berry, J.A. 1980. A biochemical model of photosynthetic CO₂ assimilation in leaves of C3 species. *Planta*, 149 (1): 78–90.

Forster P., Storelvmo T., Armour K., Collins W., Dufresne J.-L., Frame D., Lunt D.J., Mauritsen T., Palmer M.D., Watanabe M., Wild M., Zhang H. 2021. The Earth's Energy Budget, Climate Feedbacks, and Climate Sensitivity. In *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (Masson-Delmotte V., Zhai P., Pirani A., Connors S.L., Péan C., Berger S., Caud N., Chen Y., Goldfarb L., Gomis M.I., Huang M., Leitzell K., Lonnoy E., Matthews J.B.R., Maycock T.K., Waterfield T., Yelekçi O., Yu R., Zhou B. eds.). Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, pp. 923–1054. DOI: 10.1017/9781009157896.009.

Ge M., Korrensalo A., Laiho R., Kohl L., Lohila A., Pihlatie M., Li X., Laine A.M., Anttila J., Putkinen A., Wang, W. 2023. Plant-mediated CH₄ exchange in wetlands: A review of mechanisms and measurement methods with implications for modelling. *Science of the Total Environment*, 169662.

Glagolev M.V., Sabrekov A.F., Kazantsev V.S. 2010. *Methods for measuring gas exchange at the soil/atmosphere interface*. Publishing house of Tomsk State Pedagogical University, Tomsk, 96 p. (in Russian). [Глаголев М.В., Сабреков А.Ф., Казанцев

- V.C. 2010. *Методы измерения газообмена на границе почва/атмосфера*. – Томск: Издательство Томского государственного педагогического университета, 96 с.].
- Green S. M., Baird A.J. 2012. A mesocosm study of the role of the sedge *Eriophorum angustifolium* in the efflux of methane—including that due to episodic ebullition—from peatlands. *Plant Soil*, 351, 207–218 DOI 10.1007/s11104-011-0945-1
- Greenup A.L., Bradford M.A., McNamara P.N., Ineson P., Lee J.A. 2000. The role of *Eriophorum vaginatum* in CH₄ flux from an ombrotrophic peatland. *Plant and Soil*, 227: 265–272.
- Holmes, M. E., Crill, P. M., Burnett, W. C., McCalley, C. K., Wilson, R. M., Frohling, S. 2022. Carbon accumulation, flux, and fate in Stordalen Mire, a permafrost peatland in transition. *Global Biogeochemical Cycles*, 36: e2021GB007113. DOI: 10.1029/2021GB007113.
- Ilyasov D.V., Meshcheryakova A.V., Glagolev M.V., Kupriianova I.V., Kaverin A.A., Sabrekov A.F., Kulyabin M.F., Lapshina E.D. 2023. Field-layer vegetation and water table level as a proxy of CO₂ exchange in the West Siberian boreal bog. *Land*, 12, 566. DOI: 10.3390/land12030566.
- Jentzsch K., Männistö E., Marushchak M.E., Korrensalo A., van Delden L., Tuittila E.S., Knoblauch C., Treat C.C. 2024. Seasonal controls on methane flux components in a boreal peatland—combining plant removal and stable isotope analyses. *EGU Sphere*, 2024: 1-32.
- Joabsson A., Christensen T.R., Wallén B. 1999. Vascular plant controls on methane emissions from northern peatforming wetlands. *Trends in Ecology and Evolution*, 14: 385–388.
- King J.Y., Reeburgh W.S. 2002. A pulse-labeling experiment to determine the contribution of recent plant photosynthates to net methane emission in arctic wet sedge tundra, *Soil Biology and Biochemistry*, 34: 173–180.
- Kiselev M.V., Dyukarev E.A., Voropay N.N. 2019. SEASONALLY FROZEN LAYER OF PEATLANDS IN THE SOUTHERN TAIGA ZONE OF WESTERN SIBERIA. *Earth's Cryosphere*, XXIII(4): 3–15. (in Russian). [Киселев М.В., Дюкарев Е.А., Воропай Н.Н. 2019. Сезонно-мерзлый слой болот южно-таёжной зоны Западной Сибири // Криосфера Земли. Т. 23. № 4. С. 3-15.] DOI: 10.21782/KZ1560-7496-2019-4(3-15).
- Kleptsova I.E., Glagolev M.V., Filippov I.V., Maksyutov S.S. 2010. Methane emission from middle taiga ridges and ryams of Western Siberia. *Environmental Dynamics and Global Climate Change*. 1(1): 66-76.
- Knox S.H., Bansal S., McNicol G., Schafer K., Sturtevant C., Ueyama M., Valach A.C., Baldocchi D., Delwiche K., Desai A.R., Euskirchen, E. 2021. Identifying dominant environmental predictors of freshwater wetland methane fluxes across diurnal to seasonal time scales. *Global Change Biology*, 27(15): 3582-3604.
- Korkiakoski M., Tuovinen J.-P., Aurela M., Koskinen M., Minkkinen K., Ojanen P., Penttilä T., Rainne J., Laurila T., Lohila A. 2017. Methane exchange at the peatland forest floor – automatic chamber system exposes the dynamics of small fluxes. *Biogeosciences*, 14:1947–1967. DOI: 10.5194/bg-14-1947-2017.
- Korrensalo A., Mammarella I., Alekseychik P., Vesala T., Tuittila E.S. Plant mediated methane efflux from a boreal peatland complex. *Plant Soil*, 2022, 471: 375–392. DOI: 10.1007/s11104-021-05180-9.
- Koskinen M., Minkkinen K., Ojanen P., Kämäräinen M., Laurila T., Lohila A. 2014. Measurements of CO₂ exchange with an automated chamber system throughout the year: challenges in measuring night-time respiration on porous peat soil. *Biogeosciences*, 11: 347–363. DOI: 10.5194/bg-11-347-2014.
- Krasnov O.A., Maksyutov S., Glagolev M.V., Kataev M.Yu., Inoue G., Nadeev A.I., Shelevoi V.D. 2013. Automated complex “Flux-NIES” for measurement of methane and carbon dioxide fluxes. *Atmospheric and Oceanic Optics*. 26(12): 1090-1097 (in Russian). [Краснов О.А., Maksyutov S., Глаголев М.В., Катаев М.Ю., Inoue G., Надеев А.И., Шелевой В.Д. 2013. Автоматизированный комплекс «FLUX-NIES» для измерения потоков метана и диоксида углерода // Оптика атмосферы и океана. Т. 26. №. 12. С. 1090-1097].
- Kulik A.A., Zarov E.A. 2023. The influence of the hydrometeorological factors on the CO₂ fluxes from the oligotrophic bog surface. *Environmental Dynamics and Global Climate Change*. 14(4): 249-263.
- Kupriianova I.V., Kaverin A.A., Filippov I.V., Ilyasov D.V., Lapshina E.D., Logunova E.V., Kulyabin M.F. 2022. The main physical and geographical characteristics of the Mukhrino field station area and its surroundings. *Environmental Dynamics and Global Climate Change*, 13(4): 215-252.
- Lai D. Y.E., Roulet N.T., Moore T.R. 2014. The spatial and temporal relationships between CO₂ and CH₄ exchange in a temperate ombrotrophic bog. *Atmospheric Environment*, 89: 249-259. DOI: 10.1016/j.atmosenv.2014.02.034.
- Li N., Shao J., Zhou G., Zhou, L. Du, Z., Zhou X. 2022. Improving estimations of ecosystem respiration with asymmetric daytime and nighttime temperature sensitivity and relative humidity. *Agricultural and Forest Meteorology*, 312: 108709.
- Long K.D., Flanagan L.B., Cai T. 2010. Diurnal and seasonal variation in methane emissions in a northern Canadian peatland measured by eddy covariance. *Global change biology*, 16(9): 2420-2435.
- Marschner H. 1995. *Mineral Nutrition of Higher Plants* 2nd edn. Academic Press, London. 889 p.
- Murphy M.T., Moore T.R. 2010. Linking root production to aboveground plant characteristics and water table in a temperate bog. *Plant and Soil*, 336: 219-231.
- Olson D.M., Griffis T.J., Noormets A., Kolka R., Chen J. 2013. Interannual, seasonal, and retrospective analysis of the methane and carbon dioxide budgets of a temperate peatland. *Journal of Geophysical Research Biogeoscience*, 118: 226–238. DOI: 10.1002/jgrg.20031.
- Petrescu, A.M.R., Lohila, A., Tuovinen, J.P., Baldocchi, D.D., Desai, A.R., Roulet, N.T., Vesala, T., Dolman, A.J., Oechel, W.C., Marcolla, B. and Friborg, T., 2015. The uncertain climate footprint of wetlands under human pressure. *Proc. of the National Academy of Sciences*, 112(15), 4594-4599. DOI: 10.1073/pnas.1416267112.
- Potter C.S. 1997. An ecosystem simulation model for methane production and emission from wetlands. *Global Biogeochemical Cycles*, 11(4): 495-506.
- Poulter B., Fluët-Chouinard E., Hugelius G., Koven C., Fatoyinbo L., Page S.E., Rosentreter J.A., Smart L.S., Taillie, P.J. Thomas N., Zhang Z., Wijedasa L.S. 2021. A Review of global wetland carbon stocks and management challenges. In: *Wetland carbon and environmental management* (eds Krauss K.W., Zhu Z., Stagg C.L.). DOI: 10.1002/9781119639305.ch1.
- Reichstein M., Falge E., Baldocchi D., Papale D., Aubinet M., Bernbigier P., Bernhofer C., Buchmann N., Gilmanov T., Granier A., Grünwald T. 2005. On the separation of net ecosystem exchange into assimilation and ecosystem respiration: review and improved algorithm. *Global change biology*, 11(9): 1424-1439.

- Roulet N.T., Lafleur P.M., Richard P.J.H., Moore T.R., Humphreys E.R., Bubier J. 2007. Contemporary carbon balance and late Holocene carbon accumulation in a northern peatland. *Global Change Biology*, 13: 397–411.
- Sabrekov A.F., Kleptsova I.E., Glagolev M.V., Maksyutov Sh.Sh., Machida T. 2011. Methane emission from middle taiga oligotrophic hollows of Western Siberia. *Tomsk State Pedagogical University Bulletin*, (107): 135-143.
- Saunois, M., Martinez, A., Poulter, B., Zhang, Z., Raymond, P., Regnier, P., Canadell, J. G., Jackson, R. B., Patra, P. K., Bousquet, P., Ciais, P., Dlugokencky, E. J., Lan, X., Allen, G. H., Bastviken, D., Beerling, D. J., Belikov, D. A., Blake, D. R., Castaldi, S., Crippa, M., Deemer, B. R., Dennison, F., Etiope, G., Gedney, N., Höglund-Isaksson, L., Holgerson, M. A., Hopperoft, P. O., Hugelius, G., Ito, A., Jain, A. K., Janardanan, R., Johnson, M. S., Kleinen, T., Krummel, P., Lauerwald, R., Li, T., Liu, X., McDonald, K. C., Melton, J. R., Mühle, J., Müller, J., Murguia-Flores, F., Niwa, Y., Noce, S., Pan, S., Parker, R. J., Peng, C., Ramonet, M., Riley, W. J., Rocher-Ros, G., Rosentreter, J. A., Sasakawa, M., Segers, A., Smith, S. J., Stanley, E. H., Thanwerdas, J., Tian, H., Tsuruta, A., Tubiello, F. N., Weber, T. S., van der Werf, G., Worthy, D. E., Xi, Y., Yoshida, Y., Zhang, W., Zheng, B., Zhu, Q., Zhu, Q., and Zhuang, Q. 2024. Global Methane Budget 2000–2020, *Earth Syst. Sci. Data Discuss.* [preprint]. DOI: 10.5194/essd-2024-115, in review.
- Shaver G.R., Kummerow J. 1992. Phenology, resource allocation, and growth of arctic vascular plants. In: *Arctic ecosystems in a changing climate. An ecophysiological perspective* (eds Chapin III F.S., Jefferies R.L., Reynolds J.F., Shaver G.R., Svoboda J.), Academic Press, Inc., San Diego. pp. 193-211.
- Ström L., Tagesson T., Mastepanov M., Christensen T.R. 2012. Presence of *Eriophorum scheuchzeri* enhances substrate availability and methane emission in an Arctic wetland Lena. *Soil Biology & Biochemistry*, 45: 61-70. DOI: 10.1016/j.soilbio.2011.09.005.
- Veretennikova E.E., Dyukarev E.A. 2021. Comparison of methane fluxes of open and forested bogs of the southern taiga zone of Western Siberia. *Boreal Environment Research*, 26: 43-59. DOI: 10.5281/zenodo.4718848.
- VNIIGMI-MTsD. 2024. Federal State Budgetary Institution «All-Russian Research Institute of Hydrometeorological Information – World Data Center. <http://meteo.ru/data> (date accessed: 07.09.2024). (in Russian). [ВНИИГМИ-МЦД, 2024. Всероссийский научно-исследовательский институт гидрометеорологической информации – Мировой центр данных. <http://meteo.ru/data> (дата обращения: 07.09.2024)].
- Waddington J.M., Roulet N.T., Swanson R.V. 1996. Water table control of CH₄ emission enhancement by vascular plants in boreal peatlands. *Journal of Geophysical Research*, 101: 22775–22785.
- Whiting G.J., Chanton J.P. 1993. Primary production control of methane emission from wetlands. *Nature*, 364: 794–795.

Поступила в редакцию: 25.09.2024
 Переработанный вариант: 19.11.2024

CONSORTIUM “RITM CARBON” LAUNCHES A SERIES OF ONLINE LECTURES “THE WORLD OF WETLAND ECOSYSTEMS: FROM BASICS TO INNOVATIONS”

Kupriianova Iu.V. , Lapshina E.D.*

Югорский государственный университет, Ханты-Мансийск

*yuli4k.kupryanowa@yandex.ru

Citation: Kupriianova Iu.V., Lapshina E.D. 2024. Consortium “RITM carbon” launches a series of online lectures “The World of wetland ecosystems: from basics to innovations”. *Environmental Dynamics and Global Climate Change*. 15(4): 289-296.

DOI: 10.18822/edgcc643553

В статье приведен обзор цикла онлайн-лекций «Мир болотных экосистем: от основ до инноваций», запускаемый в начале 2025 года рабочей группой по исследованию болотных экосистем консорциума «РИТМ углерода». Болота жизненно важны для выживания человека. Они являются одними из самых продуктивных сред в мире; колыбели биологического разнообразия, которые незаменимы для бесчисленных выгод и «экосистемных услуг», предоставляемых человечеству. Однако исследование за исследованием показывает, что площадь и качество болот продолжают снижаться в большинстве регионов мира, а знаний для более рационального использования все еще недостаточно. В научно-популярной форме в 19 лекциях будет всесторонне рассказано о болотах, их образовании и развитии, о растительности и животном мире, о торфах, накопленных в послеледниковый период и продолжающих нарастать, их стратиграфии и свойствах. Большое внимание будет уделено вопросам роли болот в биосфере, хозяйственному использованию болот, их восстановлению и методам изучения. Цикл лекций предназначен для широкого круга слушателей, особенно молодых, интересующихся природой и её жизнью.

Ключевые слова: болота, болотоведение, биоразнообразие, цикл углерода, потоки парниковых газов, моделирование, картографирование болот, прикладные аспекты.

In the article, an overview of the online lecture series "The World of Wetland Ecosystems: From Basics to Innovations", which will be launched in early 2025 by the Working Group on Wetland Ecosystem Research of the Consortium "RITM CARBON", is given. Wetlands are vital for human survival. They are among the most productive environments in the world; cradles of biodiversity that are indispensable for countless benefits and "ecosystem services" provided to humanity. However, study after study shows that the area and quality of wetlands continue to decline in most regions of the world, and the knowledge for more rational use is still insufficient. In a popular science format, 19 lectures will comprehensively cover swamps, their formation and development, vegetation and wildlife, peat accumulated during the post-glacial period and still continuing to accumulate, their stratigraphy and properties. Much attention will be paid to the issues of the role of wetlands in the biosphere, the economic use of wetlands, their restoration, and research methods. The lecture series is intended for a wide audience, especially young people interested in nature and its life.

Key words: wetlands, telmathology, biodiversity, carbon cycle, greenhouse gas fluxes, modeling, wetlands mapping, climate projects, applied aspects.

Болота являются одними из важнейших и наиболее продуктивных экосистем мира, их часто называют «колыбелью биоразнообразия» (Вомперский, 1994; Zamberletti et al., 2018; Zaffaroni et al., 2019). Они поддерживают широкий спектр экосистемных товаров и услуг, но при этом остаются наиболее уязвимыми экосистемами на планете (Junk et al., 2013; Davidson, 2014). Различные формы глобальных изменений, а также растущие угрозы в результате быстрой урбанизации, загрязнения и изменений в землепользовании указывают на необходимость глубокого понимания особенностей, состояния и методик изучения болот. Однако процесс их исследования затруднён из-за ряда факторов: отсутствие универсального признака земельного покрова, высокая динамичность и постоянные изменения энергетических сигнатур болот, а также крутые экологические градиенты, создающие узкие экотоны, которые часто оказываются ниже разрешающей способности дистанционных датчиков (Абрамова и др., 1974). В связи с этими вызовами и потребностями с 27 января по 30 мая 2025 года будет проведён специализированный цикл лекций «Мир болотных

экосистем: от основ до инноваций», нацеленный на популяризацию современных научных знаний о структуре и функционировании болотных экосистем.

Целью этого цикла является всестороннее и глубокое погружение в различные аспекты болотоведения, обогащение знаний и повышение осведомленности участников, представляющих экологические и биологические сферы, о болотных экосистемах, их эколого-биологических особенностях, роли в глобальных процессах и жизни коренных малочисленных народов, инновационных методах их исследования и сохранения, а также развитие навыков, которые помогут в продвижении и реализации практик устойчивого управления и защиты этих уникальных природных объектов. Участники получают актуальные знания от ведущих специалистов в области болотоведения – экспертов группы по исследованию болотных экосистем консорциума «РИТМ углерода», а также приглашенных экспертов – сотрудников научных институтов и научно-образовательных организаций России по следующим направлениям:

1. Введение в болотоведение – подходы в определении болота, понятие «болотный массив», типы болот, растительность болот и ее классификация

В первой лекции *«Болотоведение – наука прошлого, настоящего и будущего»*, открывающей цикл онлайн-лектория, руководитель рабочей группы по исследованию болотных экосистем консорциума «РИТМ углерода» Лапшина Елена Дмитриевна, д.б.н., директор НОЦ «Динамика окружающей среды и глобальные изменения климата» Югорского государственного университета, расскажет о болотоведении как о важной и динамично развивающейся науке современности, исследующей болота с биологической, экосистемной и геохимической точек зрения. На лекции пойдет разговор о том, какие существуют различные подходы к определению болота, что из себя представляет болотный массив и на какие типы подразделяются болота. Особое внимание лектор обратит на структуру растительного сообщества, растительность болот и её классификацию, подробнее остановится на каждом из классов. Также будут рассмотрены статистические методы обработки геоботанических описаний и перспективы их использования для более глубокого понимания природных условий болот.

2. География болот мира и России, методы исследований – традиционные методы и современные технологии изучения структуры и динамики болотных экосистем, важность стационарных исследований

В лекции *«География болот мира и России и охват её территории полигонами Российской системы климатического мониторинга (РИТМ углерода)»* координатор рабочей группы по исследованию болотных экосистем консорциума «РИТМ углерода», научный сотрудник лаборатории экосистемно-атмосферных связей лесоболотных комплексов Югорского государственного университета Куприянова Юлия Викторовна расскажет, как болота распределены по земному шару (с особым вниманием к болотам России), какие существуют виды болот и их основные характеристики. Участники узнают, что в мировой географии болота распространены от тропических до арктических областей, занимая значительные площади на всех континентах. Будут освещены основные болотные регионы России: Западная Сибирь, Архангельская область и другие; специфика российских болот и их значимость для биосферы Земли. В этой лекции слушатели также узнают о роли болот в Российской системе климатического мониторинга, направленной на изучение и управление углеродными пулами и потоками в наземных и водных экосистемах Земли, и сколько болотных станций мониторинга создано в составе консорциума «РИТМ углерода». Лектор обратит внимание на современные проблемы и угрозы для болотных экосистем, как в данном случае мониторинг способствует охране и рациональному использованию болотных ресурсов, а также каковы направления исследований и развития систем мониторинга.

В лекции *«Методы исследований структуры и динамики болотных экосистем»* эксперты рабочей группы по исследованию болотных экосистем консорциума «РИТМ углерода» из Института биологии Карельского научного центра РАН Кузнецов Олег Леонидович, д.б.н., главный научный сотрудник лаборатории болотных экосистем, и Кутенков Станислав Анатольевич, к.б.н., руководитель лаборатории болотных экосистем, расскажут, что исследование структуры и динамики болотных экосистем представляет собой сложный процесс, включающий использование разнообразных методов и подходов. Для характеристики структуры растительного покрова, создания геоботанических карт и анализа биоразнообразия болотных экосистем используются геоботанические методы. На их основе ведется изучение биологической продуктивности и круговорота элементов в болотах, включая углерод. Стратиграфические методы в сочетании с палеоботаническими (спорово-

пыльцевой, карпологический, ризоподный) и радиоуглеродным датированием лежат в основе реконструкции динамики болотных экосистем в голоцене. С применением геохимических методов изучают химический состав торфяных залежей и болотных вод, процессы миграции элементов в ландшафте. Изучение состава органического вещества торфяных залежей является основой для оценки баланса углерода в болотных экосистемах и его эмиссий в атмосферу. В рамках гидрологических исследований проводят мониторинг водного баланса болот, включая грунтовые и поверхностные воды, уровни и режимы влажности, вынос химических элементов, включая углерод, в водоемы. Биологическими методами исследуют фауну болотных экосистем, дают оценку их численности, роль почвенных беспозвоночных и микроорганизмов в функционировании болот. Использование спутниковых данных и аэросъемки для картографирования и мониторинга динамики болотных экосистем позволяет интегрировать различные типы данных для комплексного анализа и моделирования экосистемных процессов на больших территориях. Полевые и лабораторные эксперименты направлены на изучение процессов разложения органики, потока газов (включая метан, углекислый газ) и реакции экосистем на изменение климатических и антропогенных факторов. Моделирование используется для симуляции процессов в болотных экосистемах, анализа их устойчивости и предсказания изменений под воздействием различных факторов. Лекторы обратят внимание, что для получения комплексного представления о структуре, функционировании и динамике болотных экосистем необходимо использовать комбинацию этих методов.

В лекции *«Ельники высокотравные на низинных болотах – рефугиумы биологического разнообразия»* заместитель руководителя консорциума «РИТМ углерода» Горнов Алексей Владимирович, к.б.н., заместитель директора Центра по проблемам экологии и продуктивности лесов РАН, осветит ключевые моменты, связанные с ельниками высокотравными – уникальными экосистемами, которые сохранились на низинных болотах лесной зоны европейской. Они характеризуются сложной пространственной структурой и высоким видовым богатством. Рубки, мелиорация и торфоразработки значительно сократили площадь таких лесов. Уцелевшие экосистемы – важный объект изучения разных аспектов сохранения и восстановления биологического разнообразия лесов на низинных болотах. На лекции слушатели узнают о механизмах формирования структурного и видового разнообразия ельников на низинных болотах и этапах их сукцессионного развития.

В лекции *«Особенности прибрежных водно-болотных угодий и их роль в смягчении последствий изменения климата»* приглашенный эксперт Рязанова Наталья Евгеньевна, к.г.н., доцент кафедры международных комплексных проблем природопользования и экологии Московского государственного института международных отношений (университета) МИД Российской Федерации (МГИМО), отправит слушателей в незабываемое путешествие по просторам прибрежных экосистем (соляных маршей, мангров, прибрежных заболоченных земель, коралловых рифов и атоллов), а также дельт рек. В лекции будут рассмотрены природные характеристики прибрежных водно-болотных угодий, их биологическое разнообразие и экологические функции. Особое внимание лектор обратит на способность этих экосистем поглощать и накапливать углерод, что способствует снижению концентрации парниковых газов в атмосфере. Будут обсуждаться влияние антропогенных факторов на состояние этих болот и стратегии, направленные на их сохранение и восстановление, а также механизмы защиты от наводнений, эрозии и штормов и роль этих уникальных экосистем в поддержании местного климата.

3. Растения и животные – изучение флоры и животного мира: орнитофауны, млекопитающих, рептилий и амфибий болот

В лекции *«Жизнь и приспособления растений на болоте»* эксперты рабочей группы по исследованию болотных экосистем консорциума «РИТМ углерода» из Института почвоведения и агрохимии СО РАН Миронычева-Токарева Нина Петровна, к.б.н., доцент, заведующая лабораторией биогеоценологии, Косых Наталья Павловна, к.б.н., старший научный сотрудник лаборатории биогеоценологии, Вишнякова Евгения Константиновна, к.б.н., старший научный сотрудник лаборатории биогеоценологии, откроют для участников мир болотных растений, играющих ключевую роль в формировании и поддержании болотных экосистем, выполняя функции средообразователей. Они не только определяют структуру и функционирование этих экосистем, но также влияют на множество экологических процессов. Участники лекции узнают, каковы экологические особенности болотных местообитаний и как к ним приспособлены произрастающие там мхи, травянистые растения, кустарники и деревья. Почему растения болот, находясь в воде, тем не менее несут признаки растений засушливой зоны, другими словами, почему они испытывают

дефицит воды? Лекторы ответят на вопросы: «Какие растения выступают в роли основных компонентов верховых болот, формируя плотный покров, который способен удерживать большое количество воды? Что способствует накоплению торфа?» Также поговорим о том, какие экосистемные услуги предоставляются растениями болот.

В лекции *«Кто живет на болотах? Часть 1. Роль болот в поддержании годовых циклов птиц Западной Сибири»* приглашенный эксперт Стрельников Евгений Григорьевич, заслуженный эколог РФ, учёный-орнитолог, директор ФГБУ «Государственный природный заповедник «Юганский», в рамках лекции познакомит слушателей со значением болот в поддержании пролётных путей птиц, их видовым составом. Болота Западной Сибири – хранилище реликтовых видов. Несмотря на то, что болотные системы молодые в эволюционном плане, тем не менее благодаря им на большей части Западной Сибири сохранились в качестве реликтовых степные или лесостепные виды – обыкновенный тетерев, а из пресмыкающихся – обыкновенная гадюка и живородящая ящерица. Лектор расскажет о биотопическом распределении околоводных и водных видов птиц, роли доминантов в формировании болотных орнитокомплексов, о синхронизации годовых циклов птиц, прежде всего сезона гнездования с основными элементами кормовой базы, а также роли кровососущих двукрылых насекомых в поддержании элементов годовых циклов болотных птиц и о роли родителей в воспитании потомства. Слушатели подробнее узнают о кормовом процессе. У многих видов бывает забота о потомстве прямая, когда родители в первые дни жизни проявляют заботу – обогревают, дают первые уроки добывания пищи. Бывает косвенная, популяционная, когда у неполовозрелых особей первая весенняя миграция отсутствует и молодые птицы остаются в местах зимовок, либо имеют редуцированную весеннюю миграцию, когда неполовозрелые особи останавливаются на какой-то промежуточной территории, не достигая области гнездового ареала. Еще одной разновидностью косвенной заботы о потомстве, направленной на снижение давления на кормовую базу птенцов, является ранний отлёт из области гнездования одного из родителей. У большинства куликов первыми улетают самки. У раннего отлёта самок есть второй смысл – восстановление после сезона гнездования внутренних резервов и подготовка полноценной кладки следующего года. И в заключение поговорим о миграциях – видах миграционных стратегий. Известные рекордсмены, совершающие по несколько суток беспосадочные перелёты. Что позволяет куликам совершать трансконтинентальные перелёты? Дальность миграционных бросков. Высота перелёта. Зачем птицам необходимо подниматься во время миграций на большие высоты. Двойное дыхание птиц, его значение для миграций. Где зимуют болотные птицы?

В лекции *«Кто живет на болотах? Часть 2. Млекопитающие, рептилии, амфибии болот»* приглашенный эксперт Наконечный Николай Владимирович, к.б.н., старший научный сотрудник научно-образовательного центра Института естественных и технических наук Сургутского государственного университета, погрузит слушателей в увлекательный мир млекопитающих, рептилий и амфибий, обитающих в этих уникальных экосистемах. Болота привлекают диких животных своей труднодоступностью и богатством пищи, являются домом для животных, ведущих полуводный образ жизни. Какова роль млекопитающих в экосистеме болот? Бобры, ондатры и их влияние на водные пути. Млекопитающие-хищники: лисы и выдры. В чем особенности адаптации млекопитающих к болотистой среде? Часто на болотах можно встретить грызунов – водяную полёвку, землеройку, полевую мышь, которые являются пищей для многих других видов животных. В фольклоре болота неспроста ассоциировались с обителью всяческих «гадов» – змей, ящериц и земноводных. Действительно, для многих рептилий заболоченные территории являются идеальным местом обитания из-за оптимального соотношения температурного и водного режимов и обилия пищи. Слушатели узнают о черепахах, змеях и амфибиях и их уникальных приспособлениях к жизни на болотах; влиянии климатических условий на их популяции; об основных угрозах и методах сохранения редких видов.

4. Гидрология и почвы – водный режим и почвенные характеристики разных типов болот

В лекции *«Основные типы почв болотных экосистем»* приглашенный эксперт Лойко Сергей Васильевич, к.б.н., заведующий лабораторией биогеохимических и дистанционных методов мониторинга окружающей среды Института биологии, экологии, почвоведения, сельского и лесного хозяйства Томского государственного университета, вместе с участниками заглянет в пределы торфяной толщи. Знание особенностей различных типов болотных почв важно для понимания экологии болотных экосистем, разработки мероприятий по их сохранению и рациональному использованию природных ресурсов. Специфические свойства почв влияют на биологическое

разнообразие, водный баланс и общую устойчивость этих уникальных природных систем. Как образуются почвы болот? Влияние какого процесса почвообразования играет решающую роль и при каких условиях? Что является составляющими этого процесса? И в чем основные вопросы и проблемы в диагностике и классификации почв болотных ландшафтов в современном почвоведении? На эти и другие вопросы будут получены ответы в лекции.

В лекции «*Неорганический углерод болотных экосистем*» приглашенный эксперт Солдатова Евгения Александровна, к.г.-м.н., старший научный сотрудник лаборатории лесного болотоведения Института лесоведения РАН, расскажет о малоизвестном, но важном аспекте болотных экосистем – неорганическом углероде. В этой лекции будут рассмотрены вопросы его происхождения, миграции и трансформации, а также его роль в болотных экосистемах и влияние на глобальный углеродный цикл. Лектор поговорит о различиях между органическим и неорганическим углеродом, источниках и видах неорганического углерода в болотных экосистемах, процессах и механизмах его транспорта, а также обсудит методические подходы к изучению неорганических форм углерода и их применимость для болотных экосистем, задачи и перспективы, связанные с изучением неорганического углерода.

5. Углеродный цикл и климат – запасы и потоки углерода, двойная роль болот в глобальном круговороте углерода как поглотителя углекислого газа, но источника метана

В лекции «*Запасы и потоки углерода в почве и биомассе основных типов болот*» эксперты рабочей группы по исследованию болотных экосистем консорциума «РИТМ углерода» из Института мониторинга климатических и экологических систем СО РАН Веретенникова Елена Эдуардовна, к.б.н., старший научный сотрудник лаборатории физики климатических систем, и Дюкарев Егор Анатольевич, к.ф.-м.н., ведущий научный сотрудник лаборатории физики климатических систем, рассмотрят, как углерод запасается и перемещается в почве и биомассе различных типов болот и почему это имеет критическое значение для климата нашей планеты. В почве болот углерод содержится главным образом в виде органического вещества (торфа), который накапливается на протяжении тысячелетий в условиях высокой влажности и низкой температуры. В биомассе растительности углерод фиксируется за счет процесса фотосинтеза и хранится в живой и отмершей растительной массе. Потоки углерода включают выделение углекислого газа и метана в атмосферу в процессе минерализации органического вещества. Эти потоки регулируются гидрологическими условиями, температурой и деятельностью микроорганизмов, что делает болота важными компонентами климатической системы Земли.

В лекции «*Роль болот в регуляции климата: почему нельзя игнорировать эмиссию метана?*» эксперт рабочей группы по исследованию болотных экосистем консорциума «РИТМ углерода» Сабреков Александр Фаритович, научный сотрудник лаборатории экосистемно-атмосферных связей лесоболотных комплексов Югорского государственного университета, вместе со слушателями изучит уникальный аспект функционирования болот – выделение метана, которое оказывает значительное влияние на климат и атмосферу нашей планеты. Лекция будет посвящена объяснению причин, по которым при исследовании болот, в отличие от непереувлажнённых экосистем, неизменно стоит учитывать эмиссию метана. Болотные экосистемы – крупнейший природный источник поступления в атмосферу нашей планеты метана – важного парникового газа, в десятки раз превосходящего углекислый газ по потенциалу глобального потепления. Метан образуется в болотах в результате анаэробного разложения органических веществ. Исследования болотных экосистем необходимо проводить с учётом эмиссии метана для точной оценки их вклада в изменение климата. Понимание динамики эмиссии метана из болот важно для разработки стратегий смягчения климатических изменений и управления углеродными потоками. Таким образом, игнорирование эмиссии метана при исследовании болот может привести к недооценке их экологического значения и вклада в глобальные климатические изменения.

6. Болота в культуре и экологии коренных малочисленных народов – углубленное понимание взаимосвязи коренных малочисленных народов с болотами и актуализация необходимости их защиты

В лекции «*Роль болот в жизни коренных малочисленных народов*» приглашенный эксперт Качин Николай Андреевич, канд. ист. наук, доцент кафедры истории Мурманского арктического университета, рассмотрит болота глазами коренных малочисленных народов. Слушатели узнают, как эти уникальные экосистемы влияют на культуру, традиции и повседневный быт коренных сообществ.

Болота предоставляют коренным народам доступ к необходимым ресурсам, включая пищу, лекарственные растения и материалы для строительства и изготовления предметов быта. Они занимают ключевое место в мифологии, религиозных практиках и традиционных знаниях коренных народов, формируя их образ жизни и мировоззрение. Болота поддерживают традиционные формы экономики, такие как охота, рыболовство и собирательство, которые играют важную роль в обеспечении устойчивого образа жизни. При этом традиционные способы использования болот сталкиваются с многочисленными угрозами, включая экологические изменения и промышленные разработки, что требует разработки стратегий для сохранения этих хрупких экосистем и культурного наследия. Эта лекция предоставит уникальную возможность узнать больше о богатом взаимодействии человека и природы, а также о важности сохранения природных богатств для будущих поколений.

7. Инновационные подходы – использование беспилотных летательных аппаратов (БВС) и математическое моделирование в исследовании болотных экосистем

В лекции *«Использование БВС (беспилотных летательных аппаратов) в исследованиях болотных экосистем: автоматизация наземных измерений»* эксперт рабочей группы по исследованию болотных экосистем консорциума «РИТМ углерода» Ильясов Данил Викторович, к.б.н., заведующий лабораторией изучения пространственно-временной изменчивости углеродного баланса лесных и болотных экосистем средней тайги Западной Сибири Югорского государственного университета, предоставит возможность участникам лекции быть в тренде и изучить новые технологии и методы исследования болотных экосистем с помощью беспилотных летательных аппаратов (БВС). Эта лекция будет посвящена внедрению БВС для автоматизации наземных измерений и мониторинга болот, что позволяет проводить более точные и эффективные исследования. Современные технологии беспилотных летательных аппаратов (БВС) начинают играть все более значительную роль в экологических исследованиях, включая исследования болотных экосистем. БВС предоставляют уникальные возможности для автоматизации и оптимизации наземных измерений, способствуя повышению точности и оперативности сбора данных. Использование дронов в болотных исследованиях позволяет производить высокоточную картографию больших территорий, мониторинг изменений растительности и гидрологического состояния, а также измерение выбросов парниковых газов. Такие аппараты оснащены различными сенсорами, включая LiDAR, мультиспектральные и гиперспектральные камеры, что позволяет получать детализированные данные в труднодоступных зонах, минимизируя воздействие на экосистему. Автоматизация процессов сбора и анализа данных с помощью БВС значительно увеличивает эффективность мониторинга и управления болотными экосистемами, что важно для разработки стратегий сохранения и восстановления этих экосистем в условиях глобальных климатических изменений. Таким образом, использование беспилотных летательных аппаратов становится неотъемлемой частью современных экологических исследований, открывая новые перспективы для более глубокой и комплексной оценки состояния болотных экосистем.

В лекции *«Математическое моделирование в болотоведении»* приглашенный эксперт Глаголев Михаил Владимирович, к.б.н., старший научный сотрудник лаборатории физики и технологии почв факультета почвоведения МГУ имени М.В. Ломоносова, вместе со слушателями прикоснется к увлекательному миру математики в болотоведении. Несмотря на важную обратную связь болот с климатом и глобальными биогеохимическими циклами, прогнозирование их динамики связано со многими неопределенностями и подавляющим разнообразием доступных моделей. Болотоведение как многогранная наука, изучающая экосистемы болот, требует использования различных методов для анализа и прогнозирования изменений этих систем. Математическое моделирование представляет собой одну из ключевых методик в данной области. Оно позволяет исследователям создать точные и достоверные модели, которые отражают динамику болотных экосистем. В этой лекции будут рассмотрены основные понятия и классификация моделей, типы моделей, используемые в болотоведении, их преимущества и ограничения, методы и инструменты для создания моделей, конкретные примеры использования моделей функционирования болот. В заключение лектор ответит на вопрос, как математические модели помогают ученым понимать сложные процессы и прогнозировать изменения в болотах.

8. Практические аспекты – вторичное обводнение осушенных болот, конструирование водно-болотных угодий, стратегии сохранения биологического разнообразия и потенциал болот в поглощении парниковых газов

В лекции *«Потенциал болотных экосистем в поглощении парниковых газов, аккумуляции и связывании углерода: прикладные аспекты»* эксперт рабочей группы по исследованию болотных экосистем консорциума «РИТМ углерода» Каверин Александр Александрович, руководитель центра коммерциализации разработок и трансфера технологий Югорского государственного университета, раскроет для участников важность болотных экосистем в борьбе с изменением климата. Эта лекция будет посвящена исследованию способности болот поглощать парниковые газы, запасать и связывать углерод, а также прикладным аспектам их использования и охраны. Практическое применение знаний о потенциале болот в связке углерода включает в себя разработку стратегий по сохранению и восстановлению болот, а также мер по управлению земельными и водными ресурсами, направленных на смягчение климатических изменений. Введение методов мониторинга и оценки углеродного баланса болот позволит более точно предсказывать их вклад в глобальные климатические процессы и разрабатывать эффективные меры по контролю за эмиссией парниковых газов. Оценка прикладных аспектов способствует разработке политик по охране этих экосистем, улучшению методов их управления и реализации программ по регенерации торфяников в глобальном контексте борьбы с изменением климата.

В лекции *«Вторичное обводнение осушенных болот как способ защиты от торфяных пожаров»* эксперт рабочей группы по исследованию болотных экосистем консорциума «РИТМ углерода» Медведева Мария Андреевна, к.б.н., старший научный сотрудник группы ГИС и ДЗЗ лаборатории лесного болотоведения Института лесоведения РАН, расскажет об актуальном направлении современной болотоведческой науки. Во всем мире там, где есть торфяники, неизбежно возникают торфяные пожары. Лектор рассмотрит подходы к обводнению пожароопасных торфяников и метод мониторинга растительного покрова для оценки состояния пожароопасных торфяников и оценки эффективности их вторичного обводнения. Используются полученные с разных аппаратов мультиспектральные спутниковые данные, результаты классификации которых прошли наземную проверку.

В лекции *«Динамика растительности и запасов углерода в болотных лесах под действием осушения»* эксперт рабочей группы по исследованию болотных экосистем консорциума «РИТМ углерода» Егоров Александр Анатольевич, к.б.н., старший научный сотрудник лаборатории лесного болотоведения Института лесоведения РАН, познакомит слушателей с исследованиями, раскрывающими происходящие изменения в болотных лесах под воздействием осушения. В этой лекции будет рассказано, как меняется растительный покров болотных лесов с начала осушения и связанный с ним процесс изменения запаса углерода в растительности, а также в расположенных под ними торфяных почвах. Лектор обсудит лесохозяйственный эффект и экологические последствия осушения, ответит на вопросы, каковы причины и методы осушения болотных лесов, какие изменения происходят во флористическом составе и структуре растительных сообществ. Как эти процессы влияют на биоразнообразие, продуктивность и накопление углерода в разных компонентах экосистемы, в чем отличие углеродного баланса в осушенных и ненарушенных лесах. В заключение будет затронута значимость проектов по осушению с точки зрения управления и сохранения болотных лесов.

В лекции *«Фитоочистные системы (constructed wetlands)»* приглашенный эксперт Щеголькова Наталия Михайловна, д.б.н., ведущий научный сотрудник лаборатории экологического почвоведения факультета почвоведения МГУ имени М.В. Ломоносова, предоставит участникам уникальную возможность почувствовать себя в роли инженеров и получить алгоритм создания болота буквально у себя на даче. Лекция будет посвящена сконструированным (искусственным) водно-болотным угодьям, их созданию, функционированию и значению для окружающей среды. Лектор рассмотрит следующие ключевые аспекты: определение, основные виды и цели создания искусственных водно-болотных угодий, основные этапы их проектирования и строительства, технические и экологические критерии, учитываемые при создании, роль ландшафтных архитекторов и экологов в процессе проектирования, экологические функции и преимущества, примеры и успешные кейсы, проблемы и перспективы, мониторинг и управление.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Болота представляют собой уникальное явление, в котором переплетаются интересы культуры и природы. С цивилизационной точки зрения освоение болот необходимо для выживания человека, тогда как с экологической сохранение болот также является критически важным для нашего выживания. Цикл онлайн-лекций «Мир болотных экосистем: от основ до инноваций» предлагает прекрасную возможность ознакомить общественность с важностью роли болот в биосфере. Программа лекций подчеркивает необходимость всестороннего изучения влияния болот на климат, гидрологию, гидрохимию территорий и биосферу в целом как основу гармоничного сосуществования человека и природы. Также лекции дадут знания о том, как эффективно использовать ресурсы, которые предоставляют болота.

БЛАГОДАРНОСТИ

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

ЛИТЕРАТУРА

Abramova T.G., Boch M.S., Galkina E.A. 1974. Types of Wetlands in the USSR and Principles of Their Classification. Leningrad: Nauka, Leningrad Division, 253 p. (in Russian). [Абрамова Т. Г., Боч М. С., Галкина Е. А. 1974. Типы болот СССР и принципы их классификации. Ленинград: Наука, Ленинградское отделение, 253 с.]

Davidson N.C. 2014. How much wetland has the world lost? Long-term and recent trends in global wetland area. *Marine and Freshwater Research*, 65(10): 934-941. DOI: 10.1071/mf14173

Junk W.J., An S., Finlayson C.M., Gopal B., Květ J., Mitchell S.A., Robarts R.D. 2013. Current state of knowledge regarding the world's wetlands and their future under global climate change: a synthesis. *Aquatic sciences*, 75: 151-167. DOI: 10.1007/s00027-012-0278-z

Vompersky S.E. 1994. The Role of Bogs in the Carbon Cycle. In: *Biogeocenotic Features of Bogs and Their Rational Use*, pp. 5-37, Nauka, Moscow (in Russian). [Вомперский С.Э. 1994. Роль болот в круговороте углерода // Биогеоценоотические особенности болот и их рациональное использование. М.: Наука, С. 5-37.]

Zaffaroni M., Zamberletti P., Creed I.F., Accatino F., De Michele C., DeVries B. 2019. Safeguarding wetlands and their connections within wetlandscapes to improve conservation outcomes for threatened amphibian species. *JAWRA Journal of the American Water Resources Association*, 55(3): 641-656. DOI: 10.1111/1752-1688.12751

Zamberletti P., Zaffaroni M., Accatino F., Creed I.F., De Michele C. 2018. Connectivity among wetlands matters for vulnerable amphibian populations in wetlandscapes. *Ecological Modelling*, 384: 119-127. DOI: 10.1016/j.ecolmodel.2018.05.008

Поступила в редакцию: 27.12.2024
Переработанный вариант: 30.12.2024

Научное издание

ENVIRONMENTAL DYNAMICS AND GLOBAL CLIMATE CHANGE

Том 15, выпуск 4/2024

Цена свободная

16+

*Журнал зарегистрирован в Федеральной службе по надзору в сфере связи,
информационных технологий и массовых коммуникаций
Свидетельство о регистрации ЭЛ № ФС 77-82594 от 18.01.2022 г.*

Дата выхода в свет 31.12.2024

*Адрес учредителей, редакции:
ФГБОУ ВО «Югорский государственный университет».
Адрес: 628012, Россия, Ханты-Мансийский автономный округ — Югра,
г. Ханты-Мансийск ул. Чехова, 16.
Тел./факс: +7(3467)37-70-00 (доб. 101); WEB: www.ugrasu.ru*

*ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Томский государственный университет».
Адрес: 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 36.
Тел.: +7(3822)58-98-52, факс: +7(3822)52-95-85; WEB: www.tsu.ru*

*ФГБУН "Институт водных и экологических проблем
Сибирского отделения Российской Академии наук".
Адрес: 656038, Россия, г. Барнаул, ул. Молодежная, 1.
Тел.: +7(3852)66-64-60, факс: +7(3852)24-03-96; WEB: www.iwep.ru*

*ГКУ Ямало-Ненецкого автономного округа «Научный центр изучения Арктики».
Адрес: 629008, Россия, Ямало-Ненецкий автономный округ, г. Салехард, ул. Республики, 73.
Тел./факс: +7(34922)441-32; WEB: www.arctic.yanao.ru*

*Главный редактор:
Глаголев Михаил Владимирович
тел. +7-495-939-48-46
E-mail: m_glagolev@mail.ru*

*Заместитель главного редактора:
Лапина Елена Дмитриевна
тел. +7 (3467) 377-000 (доб. 313)
E-mail: e_lapshina@ugrasu.ru*

