

# **Материалы конференции «XIII Галкинские Чтения»**

**Санкт-Петербург  
2025**



**Ботанический институт им. В. Л. Комарова РАН**  
**Русское ботаническое общество**  
**Государственный гидрологический институт**



**Материалы Всероссийской научной конференции  
с международным участием  
«XIII Галкинские Чтения»,**  
посвященной 50-летию начала работы болотного отряда Северо-  
Западной геоботанической экспедиции БИН РАН и 75-летию начала  
работы Зеленогорской полевой экспериментальной базы  
(Болотной станции Ламмин-Суо)

**Санкт-Петербург  
9-10 апреля 2025 г.**



**Proceedings of the All-Russian scientific conference with international  
participation «XIII meeting in memoriam of Ekaterina Alexeevna  
Galkina»** dedicated to the 50th anniversary of the beginning of the work of  
the mire detachment of the North-West geobotanical expedition of the BIN  
RAS and the 75th anniversary of the beginning of the work of the  
Zelenogorsk field experimental base (Lammin-Suo mire station)

**Saint-Petersburg  
April 9-10, 2025**

**Санкт-Петербург 2025**

Материалы Всероссийской научной конференции с международным участием «XIII Галкинские Чтения», посвященной 50-летию начала работы болотного отряда Северо-Западной геоботанической экспедиции БИН РАН и 75-летию начала работы Зеленогорской полевой экспериментальной базы (Болотной станции Ламмин-Суо) (Санкт-Петербург, 9-10 апреля 2025 г.). СПб.: БИН РАН, 2025. 126 с.

#### **Редакционная коллегия**

Т. К. Юрковская, В. А. Смагин, О. В. Галанина, Т. Г. Ивченко

XIII Галкинские Чтения – всероссийская научная конференция с международным участием, посвященная 50-летию начала работы болотного отряда Северо-Западной геоботанической экспедиции БИН РАН и 75-летию начала работы Зеленогорской полевой экспериментальной базы (Болотной станции Ламмин-Суо).

Традиционно на конференции обсуждался широкий круг вопросов болотоведения. Открыл конференцию пленарный доклад В. В. Панова, посвященный основным аспектам морфологии болот. Обзор растительности болот крупных регионов РФ представлен в докладах и статьях Е. Д. Лапшиной, В. Ю. Нешатаева, Е. Ю. Чураковой, Т. Г. Ивченко, Д. Г. Груммо и Н. А. Зеленкевич, О. Л. Кузнецова, Т. К. Юрковской, Ю. И. Прейс. Об индикации болотными видами антропогенных нарушений, о восстановительных сменах растительности болот после осушения и пожаров доложено и опубликовано Е. А. Шишконоковой, А. А. Егоровым, А. А. Синюткиной, Л. П. Гашковой. Результатам изучения гидрологических процессов, происходящих на болотах, посвящены доклады А. Д. Журавлевой и Т. В. Скороспеховой, М. А. Медведевой. Современные процессы в торфяных залежах прибрежных болот рассмотрены в материалах архангельских исследователей Т. Н. Пономаревой, М. А. Лизуновой, Н. С. Трудовой. Реконструкции климата и растительности посвящены доклады С. Ф. Хохлова, В. Р. Батриной. В докладе Л. Г. Никоновой, Е. А. Головацкой рассмотрены процессы торфообразования на рьях. Результаты изучения запасов углерода в болотах, эмиссии и выбросам парниковых газов приведены в статьях С. А. Забелиной, Ю. А. Харанжевской, С. А. Кутенкова с соавторами, К. Л. Шахматова и Т. В. Орлова, Т. И. Пономаревой. Накопление тяжелых металлов в прибрежных болотах рассмотрено В. П. Шевченко, распределение загрязнителей и процессы самоочищения болот – в работах И. Н. Зубова, В. Н. Тюрина и В. А. Харбака, М. Н. Катаевой. О биологическом разнообразии болот и взаимосвязи видов разных систематических групп доложили А. В. Головченко, Е. Л. Веревкина, Э. Г. Гинзбург, А. И. Мингалимова. Вопросам стратегии использования осушенных болот посвящена работа белорусских исследователей, доложенная О. В. Созиновым.

Издание адресовано всем интересующимся и специалистам в области болотоведения, наук о Земле и растительности, экологам, природопользователям, преподавателям высшей школы, студентам и аспирантам.

Proceedings of the All-Russian scientific conference with international participation «XIII meeting in memoriam of Ekaterina Alexeevna Galkina» dedicated to the 50th anniversary of the beginning of the work of the mire detachment of the North-West geobotanical expedition of the BIN RAS and the 75th anniversary of the beginning of the work of the Zelenogorsk field experimental base (Lammin-Suo mire station) (Saint-Petersburg April 9-10, 2025). Saint Petersburg: Komarov Botanical Institute of the Russian Academy of Sciences, 2025.

#### **Editorial board:**

Т. К. Yurkovskaya, V. A. Smagin, O. V. Galanina, T. G. Ivchenko

*Опубликовано при финансовой поддержке Ботанического института им. В. Л. Комарова РАН.*

ISBN 978-5-7629-3477-0

© Авторы (текст), 2025

**К 50-летию начала работы Северо-Западной экспедиции БИН РАН  
и о её вкладе в изучение растительности болот Северо-Запада**  
*В. А. Смагин*

**To the 50th anniversary of the start of the work of the North-West  
Expedition of the BIN RAN and about its contribution to the study of the  
vegetation of the mires of the North-West**  
*V. A. Smagin*

Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН  
*smagin.mire@gmail.com*

Ключевые слова: *1976 год, болотный отряд Северо-Западной экспедиции БИН РАН, классификация растительности, ООПТ.*

Key words: *1976 year, mires group of the North-West Expedition of the BIN RAN, syntaxonomy, nature reserve.*

Подобрать название XIII Галкинским Чтениям оказалось трудно, юбилеев публикаций классиков болотоведения в 2025 году не было. Всплыло из памяти, что 49-50 лет назад началась работа Северо-Западной геоботанической экспедиции БИН РАН, включавшей Болотный отряд. Болота и болотная растительность региона изучались и ранее, но систематический и последовательный характер их исследование приняло в 1976 гг. с работы Северо-Западной экспедиции, руководимой В. И. Василевичем и М. С. Боч. Ядро коллектива экспедиции сложилось ранее, в начале 1970-х годов при работе на Северном Урале. После проведения международного ботанического конгресса в Ленинграде в 1975 г., начинается работа по изучению болот Северо-Запада России. К тому времени М. С. Боч занимается охраной болот, что отражается на выборе объектов исследования. Первыми, в 1976 г., становятся Сегежское болото и прилегающие к нему болота создающегося Нижне-Свирского заповедника. В 1977 г. – Мшинское болото, вскоре ставшее Республиканским заказником. Исследования растительности болот региона продолжались по 1990 г. Во временной последовательности они перечислены нами ранее [9]. Заметим лишь, что исследования охватили и соседние регионы. Маршрут по болотам Эстонии с участием профессора Виктора Мазинга проведен в 1979 г, в Калининградскую область и западную Литву в 1980, в западную Латвию в 1987, болота Мурманской, Вологодской, Архангельской областей исследовались с 1985 по 1988 гг.

Начало исследования болот Северо-Запада совпадает с возросшим интересом руководителей экспедиции к вопросам классификации растительности, причем к концу 1970-х гг. болотной. В этом отношении важен 1980 год, когда публикуются две статьи [4, 5]. Первая по итогам Печорской экспедиции, вторая по материалам первого года изучения болот Северо-Запада. К тому времени доминантный метод

классификации растительности переживал кризис из-за формализма многих авторов, считавших относящимися к отдельной ассоциации, любые комбинации доминирующих видов, в том числе случайные и редко повторяющиеся. Ассоциаций выделялось много, различались же друг от друга плохо. В. И. Василевич и М. С. Боч стремились придать основной классификационной единице растительности – ассоциации экологическую и географическую выраженность. В статьях 1980 года ассоциации выделялись по группам видов мохового и травяного ярусов, с учетом экологической замещаемости видов. При смене доминанта другим экологически близким видом, при сохранении остального видового состава сообщества относились к одной ассоциации. Учитывалась и география видов, подчеркивающая своеобразие той или иной ассоциации. Дальнейшим этапом классификации болотной растительности явились статьи М. С. Боч «О классификации болотной растительности на примере сфагновых топей Северо-Запада РСФСР» [1] и «Сообщества из *Sphagnum fuscum* и *S. magellanicum* на болотах Северо-Запада РСФСР: опыт классификации» [2]. В этих публикациях наметился переход к использованию методов классификации флористической школы. Классификация всей растительности болот Северо-Запада, выполненная методами флористической школы, представлена в докторской диссертации М. С. Боч [3] и в одноименной монографии [6]. Растительность болот отнесена ею к 5 классам и 46 ассоциациям, причем 9 ассоциаций были выделены впервые. Остальные ассоциации, соответствуя по названию европейским, по большей части, отличаются от них составом субассоциаций и вариантов. Это указывает на региональную специфику растительности болот Северо-Запада.

Исследование растительности болот сопровождалось изучением торфяной залежи. Лишь со второй половины 1980-х гг. времени и сил на это не остается. К сожалению, результатам исследования торфа, в отличие от растительности, в публикациях уделено мало места.

На основании анализа ботанического состава 3700 образцов торфа, М. С. Боч выделено 22 вида торфа, рассматриваемых ею как палеоассоциации, существовавшие на болотах в различные эпохи голоцена. В торфе были найдены остатки 100 видов растений, т. е. 20% состава современной флоры болот. Поэтому сопоставление прошлых и современных сообществ было выполнено путем сравнения крупных единиц – типов растительности с видами торфа (палеоассоциациями), принадлежащим разным эпохам голоцена. Сравнение показало, что в современной растительности произошло увеличение доли растительности лесных болот (за исключением березняков). Увеличились сфагновые топяные сообщества [3, 6].

Итогом работы экспедиционного отряда с 1976 по 1990 гг. стали монографии: «Очерки растительности особо охраняемых природных

территорий Ленинградской области» [8] и «Флора и растительность болот Северо-Запада России и принципы их охраны» [6]. Практическим результатом исследования стало обоснование создания большого числа ООПТ, в котором М. С. Боч принимала действенное участие. Это Нижне-Свирский заповедник, Республиканский заказник «Мшинское болото», областные заказники и памятники природы: Белый Камень, Глебовское болото, Коккоревский, озеро Мелководное, Раковые озера, Сяберский, Чистый Мох, Север Мшинского болота и ряд других. По её инициативе составлен список предлагаемых заказников, к сожалению, в большинстве своем так и не утвержденных до сих пор. По материалам исследований М. С. Боч написаны статьи для первого тома «Красной книги Ленинградской области» [7].

#### Список литературы.

1. Боч М. С. О классификации болотной растительности (на примере сфагновых топей северо-запада РСФСР) // Бот. журн. 1986. Т. 71. № 9. С. 1182–1192.
2. Боч М. С. Сообщества из *Sphagnum fuscum* и *S. magellanicum* на болотах Северо-Запада РСФСР: опыт классификации // Бюлл. МОИП. Отд. биол. 1990. Т. 95. № 2. С. 95–108.
3. Боч М. С. Флора и растительность болот и принципы их охраны. Автореферат дис. ... доктора биол. наук. Санкт-Петербург, 1992. 32 с.
4. Боч М. С., Василевич В. И. Болота верховьев рек Печоры и Илыча (Северное Предуралье) / Болота Европейского севера СССР. Структура, генезис, динамика. Петрозаводск. 1980 а. С. 42–75.
5. Боч М. С., Василевич В. И. Болота окрестностей Сегежского озера (Южная Карелия) // Бот. журн. 1980 б. Т. 65. № 1. С. 27–38.
6. Боч М. С., Смагин В. А. Флора и растительность болот и принципы их охраны. СПб., 1993. 223 с.
7. Красная книга природы Ленинградской области / Носков Г. А., Боч М. С. СПб.: Издательство «Акционер и К», 1999. Т. 1. 352 с.
8. Очерки растительности особо охраняемых природных территорий Ленинградской области // СПб. 1992. 253 с.
9. Смагин В. А. К 90-летию со дня рождения профессора Марины Сергеевны Боч // Бот. журн. 2021. Т. 106. № 6. С. 618–623.



**Основные аспекты морфологии болот**  
*В. В. Панов*

**The main aspects of the morphology of mires**  
*V. V. Panov*

Тверской государственный технический университет  
*vvpanov61@gmail.com*

Ключевые слова: *болото, торфяные отложения, рост болот, морфология болот*

Keywords: *mire, peat deposits, mire growth, mire morphology*

Морфология болот – это научное направление, которое помогает объяснить работу механизмов саморегулирования и самоорганизации торфяных болот как класса природных объектов, обладающих целостностью. Болото рассматривается как трехмерное осциллирующее тело, развивающееся по собственным «законам роста», регулирующее внешнее воздействие, обладающее высокой степенью устойчивости, способное многократно перестраиваться при достижении пределов роста, управляющее внутриболотными водоемами и лесами, включая, инженерные сооружения. Перечисленные проявления болота происходят в следствии осуществления в нем гидрогеомеханических процессов, определяющих в конечном итоге его форму.

Это самостоятельное направление, основанное на использовании принципа, связывающего морфометрию или внешнюю форму болот с состоянием и постоянным изменением торфяных отложений. В настоящее время выделены следующие принципы изучения болот: стратиграфический, позволяющий объяснить механизм смены трофических типов болот с низинного евтрофного на верховой олиготрофный. Итог – возможность вертикального деления торфяных отложений по фазам питания.

Второй принцип, по времени появления, – это ландшафтный или картографический. Его использование позволило сформировать представление о структуре болот вне их типа. Суть принципа – структурная преемственность потоков вещества в плане болота и их пространственная гармонизация. В результате установлены стадии развития болот по их структуре в плане и профиле.

Третий принцип – балансовый, включающий представления о развитии болот в результате положительного баланса вещества. В рамках этого принципа были получены определяющие результаты о геохимии и биогеохимии, гидрологии и геологии болот. Важнейшим итогом стало выявление вертикальной зональности внутри болота на слой

быстротекущих процессов, залегающий с поверхности и ниже расположенный слой замедленных.

Можно отметить вслед за В. В. Мазингом [8] системный или экосистемный принцип, но он не получил достаточного развития и все основные представления сводились к общему понятию «экосистема», в какой-то степени обобщающем или объединяющем результаты работ по выше указанным принципам.

Понятие «морфология болот» долгое время оставалось, с одной стороны, как бы понятным за счет недостаточной конкретности. Например, использовались условные понятия «склон», «центр», «кольцо», «понижение», «плато» и пр. С другой стороны, те априорные модели о форме болот и ее генезисе, которые распространены среди специалистов широкого профиля, излишне просты и приводят к серьезным ошибкам при организации исследований. Это является основным недостатком научных работ последнего периода.

Для необходимого упрощения все аспекты, связанные с вопросами морфологии болот, можно условно разделить на три группы. Первая связана с определением болот. При исследовании отдельных компонентов болот часто недооценивают этот вопрос. Поэтому полученные результаты нередко несопоставимы между собой.

Вторая группа включает виды оценки болот. Они настолько стандарты, что сомневаться в их пригодности не принято. Тем не менее, именно здесь скрыты основные проблемы с интерпретацией экспериментальных данных.

Третья группа объединяет аспекты роста болот, включающие все основные вопросы, связанные с появлением и развитием болот. Поэтому морфология болот является основой для болотоведения и в конечном итоге позволяет устанавливать ценность полученных данных для развития представлений о болотах.

*Аспекты определения:*

1. Определение болота как природного явления или отраслевого объекта по-прежнему актуально и не является общепринятым. Это связано с широким отраслевым значением болот. Поэтому следует разделить общее понятие о болоте и его многочисленные отраслевые определения как объекта геологического изучения и использования, гидрологического, почвенного, лесного, климатического и др.

Мы придерживаемся общего определения болота, как участка земной поверхности, где происходит закономерное образование торфяных отложений, к которому могут быть прибавлены дополнительные свойства или признаки, соответствующей отрасли. Поэтому морфология болот опирается на первоочередное значение торфяных отложений, их границ, структуры и состояния.



2. Классификация болот всегда учитывает, хотя и в разной степени, форму болот и их генезис. Основная задача классифицирования – свести к необходимому минимуму все разнообразие болот.

Классифицирование болот учитывает, что в каждом регионе болота имеют разный возраст и стадию развития, что требует использовать общую для региона и природной зоны схему развития болот от первичного заболачивания до выпуклого переобводненного олиготрофного массива. С последним связано понятие об «идеальном» болоте, достигающем условного предела развития с характерной выпуклой формой поверхности. Климатические особенности регионов вносят в общую схему развития болота многочисленные вариации по форме и составу болот. Однако их связь с физическим состоянием торфяных отложений описывается общими алгоритмами развития. Поэтому морфология болот позволяет учитывать различие обобщенного и регионального типов болот благодаря унификации связи формы и состояния торфяных отложений.

Торфяные отложения характеризуются суммой устойчивых показателей и связями между ними, позволяющие установить общие закономерности и характер их проявления в неоднородных торфяных отложениях. Классифицирование болота в целом или отдельных болотных участков должно сопровождаться учетом физического состояния торфяных отложений.

3. Границы болота являются наиболее сложными объектами определения. Поверхность растительности с позиции, например, гидрофизики и метеорологии является определяющей, но осложняется многоярусностью и морфологией растительности болотных участков, их динамикой и развитием, экологическим замещением видов. На практике поверхность некоторых растительных сообществ может быть описана как локальная поверхность, но удобнее учитывать «поверхность» ярусов растительности как границы распределения массы вещества, отражающего состояние и развитие болота.

Поверхность воды понятие не менее сложное. Вода болот – это система растворов разного состава, возраста, характера перемещения и залегания, газонасыщения и давления, а также связи с торфяными отложениями. Видимый уровень воды как понятие не установлен и чаще всего определяется случайно, без необходимых режимных наблюдений, привязки измерений и пояснений. Понятие уклона воды болота должно дополняться и включать местные и локальные уклоны, стоки и связь с неоднородной по плотности (влажности) и прочности торфяной залежью.

Торфяная залежь характеризуется сложной по форме и физическим свойствам невидимой поверхностью, связанной с процессом торфообразования и обратной связью с составом и структурой растительных сообществ. Поверхность торфяной залежи зависит от

неоднородности ее состава, термодинамического и механического состояния, выражающегося в ее набухании, нагревании, всплывании и расслоении, а также от внешней нагрузки, газообразования и накоплении избыточного давления, пучения и разрыва, осложняется разноамплитудными вертикальными движениями ее частей и связанных с ними напряжений, зависящая от самодренирования и переобводнения примыкающих участков и пр. Поэтому определение поверхности торфяных отложений в естественных условиях мера достаточно условная и вынужденная.

Отдельно учитывается устойчивость или однозначность любых границ в плане или на карте болота. Для них характерны признаки описания, соответствующие функциональному значению болотных участков и структурных элементов: возраст и преемственность, структурная выраженность, гладкость, прерывистость, комплексность, сезонность и др.

4. Априорная модель, а не сам объект часто составляет основу изучения болот. Большинство специалистов используют личную априорную модель – представление, не подтверждённое экспериментально. Любое исследование болота должно включать описание необходимого и допустимого упрощения используемой модели болота в целях экстраполяции полученных данных.

Морфология болот своим содержанием ограничивает произвольные или случайные исследования, определяя болото как место закономерного торфообразования и торфонакопления. Любая условность ведет к обесцениванию полученных результатов. В этом положении важную роль играет приверженность определенной научной школе.

*Аспекты оценки:*

5. Методы измерения болот в основном сложились в отраслевых учреждениях, фундаментальные исследования формы болот крайне незначительны. Изучение болот экспедициями И. К. Августиневича и И. П. Жилинского [10, 11] в целях водорегулирования и осушения для землепользования представили уникальные данные об их форме. Для использования торфяного топлива выполнялась более подробная съемка болот по геометрической сетке с целью максимального учета торфяных запасов для обеспечения промышленности. В результате детальной геологоразведочной съемкой были охвачены несколько десятков тысяч болот России. Съемка формы болот выполнялась для выбора направления сброса болотных вод или осушения. Форма или рельеф болот увязывались с их строением и составом в соответствии с промышленными классификациями торфяных отложений в целях добычи торфяного сырья.

Кроме геолого-съемочных работ использовались сведения аэровизуального дешифрирования при составлении тематических карт

угодий с оценкой биоресурсов болот и с привязкой к их структуре. В задачах геоботанического картографирования формы болот рассматривались не строго, как признак их типа. Ландшафтные исследования болот ограничивались косвенной оценкой их формы для определения структуры и регулирования стока болотных вод. Оценка формы была достаточна условна по степени выпуклости или вогнутости болотной поверхности и в целом не затрагивала описание торфяной залежи. Генезис болот характеризовался верхним слоем быстротекущих процессов и по сути сводился к взаимодействию условного потока воды с предполагаемой поверхностью болота. Были получены общие закономерности эволюции болотных ландшафтов (микроландшафтов) в плане болота.

Значительные достижения в изучении структуры торфяных отложений были получены при измерении прочностных свойств торфяных грунтов в целях дорожного строительства. Основы изучения механических свойств болотных массивов были заложены в 30-х гг. XX века Н. А. Наседкиным [9]. Удалось установить общие закономерности гидрогеомеханических процессов в болотах.

Вопрос о действительной форме болот и ее генезиса вновь стал актуальным в рамках глобального мониторинга и формулировании новой концепции управления болотами в естественном состоянии, включая проблему их восстановления. Наиболее перспективной следует считать оценку формы болот и ее целостности, основанную на фрактальном подходе. Он позволяет рассматривать болото как фрактальный или мультифрактальный объект, для которого характерны самоподобие его границ и нецелочисленные размерности его «поверхности», позволяющие свести к минимуму генерализацию фактических размеров болота или его частей. Болото описывается как трехмерное тело, меняющее свои свойства при изменении формы и наоборот. Появляется возможность исследовать болото как целое с любой точностью в зависимости от его генезиса.

6. Морфометрия болота, как система количественных показателей его рельефа основана на определении: 1) системы генеральных уклонов его поверхности, позволяющей строить сетки стекания перпендикулярно линейным структурам (условно горизонталям) поверхности, 2) укрупненного рельефа поверхности и дна в абсолютных или относительных отметках с указанием укрупненных болотных участков или торфообразующих фитоценозов на поверхности, имеющих косвенные признаки обобщенных технических свойств торфяной залежи, 3) общего рельефа, основанного на субъективном выделении центра, склона (верховья и подножья), лагга в целях классификации единиц болотной растительности высокого ранга, а также дополнительные элементы рельефа – топи, лесные кольца и др., 4)

микрорельефа в целях крупномасштабного картографирования болотной растительности; в этом случае измерения выполняются относительно уровня воды или натянутых на поверхность сетках, в некоторых случаях выполняют нивелирование без привязки к геодезической сети и др.

Ни один из этих методов не нацелен на представление генетической связи рельефа болота или его морфометрии с морфологией и генезисом торфяных отложений, а также с рельефом минерального дна болота. В значительной степени, морфометрия болот используется в геоморфологической классификации торфяных месторождений, где прослеживается связь залегания, формы и состава торфяных отложений в целях прогнозирования общетехнических свойств торфяных залежей. Это стало возможным благодаря установлению алгоритма дифференциации торфяных отложений в горизонтальном направлении по сочетанию слоев торфа в зависимости от залегания болота на минеральном рельефе.

Нет достаточных оснований считать все части болота равноценными для его развития. Следует отметить ряд положений, которые могли бы быть переоценены и переосмыслены. Например, исследования 60-х и 70-х гг. прошлого века по всплыванию затопленных торфяных отложений [1, 6]. Образование всплывших торфяных островов происходит в результате формирования некоторого купола на поверхности болота, на границе которого формируются максимальные усилия на отрыв данной части торфяной залежи. Эти же процессы можно наблюдать на естественном болоте. Центральная часть как бы «обособливается» от остальной части болота, образуя по периметру зону озерков, гряд или топей и формируя зону разгрузки равного гидростатического давления. Это может рассматриваться как образование центра действия болота, регулирующего последующее развитие болота. Степень развития центра и рост его влияния указывает на зрелость болота или период его перехода в новое состояние при достижении предела роста. Формирование центра ведет к появлению и росту признаков симметрии в его форме и болоту в целом. Центр действия по сути является частью сферы, в пределах которой болото ведет себя наиболее автономно. В зависимости от размеров болота центры могут быть единичные и множественные. Многовершинность рельефа болот хорошо известна.

В связи с этим следует вспомнить «динамические центры» В. В. Кудряшова [7], которые в совокупности с «антицентрами-антиподами» формировали динамику рельефа сфагнового болота. Динамические центры смещались и при слиянии двух или трех центров, образовывали быстрорастущие диады и триады.

Отдельно отметим, что распространенное мнение о вогнутом характере низинных или евтрофных болот требует дополнительных пояснений. Низинные болота часто имеют выпуклый характер

поверхности или несколько выпуклых поверхностей разделенных понижениями, особенно в стадии «взрослого» болота.

Кроме вопросов всплывания торфяных отложений, болотоведам следует переосмыслить вопросы, связанные с использованием болот. Например, изменение рельефа или формы болот – это вполне естественный процесс как, например, образование оврагов и растрескивание залежи, абразия уступов озер и переотложение органического материала торфа, морозное пучение и солифлюкция при таянии, выброс под давлением масс торфа из залежи, выгорание залежи, ветровая и речная эрозия. Следы этих процессов можно найти в торфяных залежах в виде несогласного залегания слоев торфа.

Осушение, строительство, добыча торфа, загрязнения и пр. – это не что иное как макроисследование искусственного воздействия на болото. Оно частично извлекается и восстанавливается, локализуется и обособливается, разрушается и регенерирует. Открываются новые черты и сущности болота, не отмеченные в его естественном развитии. Появляются не характерные растительные сообщества. «Искусственные» части постепенно становятся естественными. Карьеры становятся озерами, каналы частью регулируемой системы стока и т.д. Круглые и прямые структуры становятся на длительное время естественными и не противоречащими в целом дальнейшему развитию болота.

7. Единицы морфометрических сравнений болота широко используются при описании торфяных отложений – это 1) геологические единицы (вид торфа, слой, вид или строение торфяной залежи, стратиграфический участок и др.), 2) геоботанические (плановая структура из растительных сообществ (их ранг, строение, состав, возраст и развитие), 3) геоморфологические (макро-, мезо- и микроландшафты), 4) балансовые (поток, пул и др.), 5) гидрогеомеханические (распределение в пространстве залежи и во времени всех видов давления, температуры, фильтрации, плотности, прочности и пр.).

Многое из перечисленного может и должно быть измерено, но учитывая недостаточно разработанные на данный момент методы интерпретации измеренных параметров в масштабах залежи, болота, региона или зоны, пока приходится прибегать не к абсолютным, а к сравнению условных величин и процессов – больше-меньше. В ином случае, исследование не корректно по отношению к масштабу данного природного явления, охватывающего разные континенты и природные зоны.

*Аспекты роста:*

8. Эндогенные изменения болот составляют основу гипотез об их автономном развитии. Стратиграфические исследования торфяных отложений в XIX веке подтверждали их синхронное изменение с климатом. Одновременно было очевидным, что топологические условия

вызывали появление и развитие болот независимо от климатических изменений. С расширением числа исследованных болот в разных условиях постепенно формировалось представление о некотором единстве механизмов образования болот.

Уже в первой половине XX века становится понятным, что болота развиваются по общей схеме с окончательным звеном в виде выпуклого олиготрофного болота в разных климатических условиях, но при этом растительный покров и ботанический состав торфяных отложений был разным. Исследование эндогенных причин в развитии болот устанавливалось по формированию характерной по стратегии развития растительности и форме болота, соответствующей составу и строению верхней части торфяной залежи. Кроме того, особую роль при анализе играли такие признаки болота как структурное чередование во времени и пространстве процессов облесение-засыхание леса, частичное саморегулируемое обводнение-дренирование, образование водоемов и абразия их берегов и др.

Основным признаком роли эндогенных процессов в развитии болот являлось избыточное накопление воды в нем и его способность регулировать сток в зависимости от изменения внешних условий. Таким образом, эндогенный фактор был признан основой устойчивости болот. Форма болот, способствующая накоплению и удержанию воды в болоте, была определяющим косвенным признаком достижения болотом пределов роста. Рост болота был результатом не только накопления торфа, но и связанной им водной массы, примерно в десять раз превышающей массу сухого торфа. Удержание такого количества воды возможно только при условии перестройки структуры болота по мере его роста.

9. Структура болот – это структура торфяных отложений (микро-, мезо-, макро-), соответствующая структуре растительности болот, структуре верхнего активного слоя болот, структуре торфообразования и торфонакопления, системе стока и аккумуляции воды в торфяной залежи и пр. Для того, чтобы представить структуру болота целым необходимо учитывать ее динамику во времени. При этом важно учитывать элементы структуры могут иметь разный возраст, подчиненность и ранг, тенденции к обновлению и смене или замещению одного элемента другим, проявлять признаки симметрии и подобия.

Состав и объем отдельных элементов структуры могут меняться во времени, иметь разную площадь и глубину связи с неоднородностями торфяной залежи. Эта связь может обрываться или дефрагментироваться, или, наоборот, усиливаться и дифференцироваться, отражая изменения болота как целого в виде динамики отдельных элементов структуры, «работающих как ансамбль». Так проявляются гидрогеомеханическое и в частности гидростатическое (и пьезометрическое) уравнивание

торфяного болота, о чем упоминал А. Д. Дубах [3]. Таким образом, системы горизонтальных и вертикальных связей в структуре растительности и субстрата, дифференциации торфяных отложений, а также потоков и аккумуляции вещества в совокупности составляют и отражают структуру болот.

10. Рост болота – это единственная естественная функция болота как экосистемы, определяющая его как самостоятельный высокой степени автономности природный объект суши. Рост – это процессы, составляющие основу морфологии болот как целостных природных образований. Соответственно важно обратить внимание на признаки целостности и методы ее исследования, которые дают возможность анализа роста болот.

Определяя торфяник как растущее тело, В. В. Кудряшов предполагал, что в основе данного явления лежит процесс торфообразования. Важно учитывать, что образование торфа неоднородно в пространстве и в равной степени соответствует структуре и динамике торфяной залежи, а также изменению климата за период формирования первичного слоя торфа.

Верхний слой болота, в котором осуществляется процесс торфообразования, выполняет важнейшие функции для развития болота. Первое – предохраняет болото от эрозии, во-вторых – его напряженно-деформируемое состояние связывает болото в единое целое и формирует систему гидростатических уровней (ярким выражением которой является ориентированный микрорельеф) наклонного, вогнутого или выпуклого болота, в-третьих – этот слой работает как компенсатор сезонных изменений при формировании свойств будущего торфа, сокращая или увеличивая время его образования до соответствия условно тридцатилетним климатическим периодам и текущему физическому состоянию торфяных отложений.

Примерный срок образования единичного слоя торфа осуществляется от 5-6 лет до нескольких десятилетий. Поэтому очевидно, что торф может отложиться в какой-либо период времени или нет. Допустимо считать, что прирост торфяных отложений процесс нерегулярный и более сложный по своей скорости во времени. Вполне можно предположить, что этот процесс циклический и его траектория соответствует аттрактору – точки событий, к которой система рано или поздно возвращается, но траектория этого движения постоянно меняется в след за изменениями внешних и внутренних причин. Таким образом, торфообразование следует рассматривать прежде всего термодинамический неравновесный процесс, регулирующий существование микробиоценоза.

Надо учитывать, что степень разложения большинства видов торфа варьирует от 10 до 40%. Это может означать, что процесс



торфообразования одного первичного вида торфа в большей степени зависит от термодинамических условий в каждой точке болотного участка. Поэтому каждый условный первичный объем статистической системы торфообразования координируется общим состоянием и развитием болота, как и следующий за ним процесс торфонакопления. Все колебания рельефа болота, выраженные на его поверхности, так или иначе указывают на изменение степени разложения торфа и его плотности в торфяной залежи.

В. В. Кудряшов предложил понятие «закон роста» болота. Исследуя пространственные изменения общетехнических свойств торфяных отложений методом изолиний, он получил ряд очень важных закономерностей в их распределении. Ему удалось показать, что в торфяниках выделяются зоны ускоренного и замедленного роста или зоны максимальных и минимальных значений влажности, зольности, плотности и др. общетехнических свойств, указывающих на формирование вторичной структуры торфяника.

11. Целостность болота – это система его признаков, пространственное положение которых не имеет между собой выраженной связи, но которые при этом развиваются как части целого. Морфология болот, основу которой составляют гидрогеомеханические процессы в торфяных отложениях и на их поверхности, связывает целостность торфяных отложений и форму болота. Следует пояснить, что торфяные отложения – это не только слои торфа, а, прежде всего, распределение в них показателей плотности и прочности, включения вещества в твердом, жидком и газообразном состоянии, закономерное распределение и взаимодействие неоднородностей торфяной залежи между собой.

Признаки симметрии, гармонии и упорядоченности в облике болота отражают состояние торфяной залежи, ее динамику и развитие. Однако непосредственно целостность болота наблюдать нельзя, это свойство природного объекта, которое может исследоваться только в рамках формализованной модели. Понятие целостности рассматривается не как ориентир для исследования, а как оценка или измерение, позволяющее установить зависимость части от целого или, в данном случае, от формы линии, площади или объема.

Уместно пояснить, что в рамках фрактального подхода болото одновременно описывается как объем, но также и как взаимодействующие между собой и средой частицы коллоидного тела. В этом виде болото – это совокупность частиц разного размера, объединенные в протяженные структуры, образующие поверхность. Условно «смятая» поверхность внешне представляет собой объемное тело. Н. А. Наседкин рассматривал эту модель как основу термодинамического равновесия торфяного массива, в которой разрывы любого ранга «смятой» поверхности делают систему неравновесной.

С одной стороны, болото – это система частиц, но с другой, мы имеет пример, когда частицы объединяются в блоки вполне определенного размера. Например, образовавшиеся в результате затопления болот острова из торфа по размерам соответствуют размерам островов во внутриболотных озерах. Их размеры соответствуют размерам глыб, оторванных от торфяной залежи под действием внутреннего давления. Так болото в равной степени проявляет совокупностью частиц-точек и одновременно протяженных переплетенных структур, формирующих фильтрационный поток в виде жил разного размера, а также как совокупность объемных тел – блоков, из которых строится или перестраивается торфяное болото при растущем внешнем и внутреннем воздействии.

Аккумуляции водной массы болотом значительно усложняется поднятием этой массы против силы гравитации при приобретении болотом выпуклой формы. В этом случае, рост болота стимулирует перестройку структуры болота. Часть ее разрушается, а часть меняет свое функциональное значение, отличное от первичного. Поэтому наиболее просто представить такое болото в виде симметричного тела шарообразного по форме поверхности и оптимального с позиции термодинамики, что подтверждается формой болот и оценкой их напряженно-деформированного состояния.

В соответствии с вышеизложенным целостность болота может быть оценена в рамках гидрогеомеханического подхода, частью которого является исследование гидростатики болот. Появилась возможность строить модели болот как плавающих тел. Первые расчеты появились в конце XIX века и более полно представлены в работах А. Д. Дубаха [4], И. И. Вихляева [2] и К. Е. Иванова [5]. Возможность установить центры тяжести и давления болот или их фрагментов, позволила построить модель взаимодействия этих центров действия, вызывающих скоординированный рост биомассы над поверхностью болота, динамику прочности, сплошности и устойчивости верхнего слоя болот, формирование и перестройку структуры торфяных отложений от поверхности до дна болота. Связь между глубиной и максимальным приростом болота не всегда простая, но вполне устойчивая в большинстве известных примеров.

Модель взаимодействующих центров действия позволяет предполагать, что они имеют эволюционную траекторию, меняющуюся в зависимости от симметрии исходной формы дна болота, что отражается в асимметрии свойств торфяных отложений. Отмечаемое «стремление» болота к совершенной правильной форме указывает на процессы саморегулирования и самоорганизации. Основу этих процессов составляют упругие колебания или осцилляции торфяного тела как целого, отражающие характер его неоднородности, которые через водный

и тепловой режимы регулируют прирост и распад биомассы в верхнем слое болот.

Этот слой, имеющий механические связи с постилающими его торфяными отложениями удобно представлять, совокупностью его взаимосвязанных объемов разной плотности и прочности, колеблющихся с разной амплитудой и реализующих его напряженно-деформируемое состояние. Подобное состояние можно сравнить с триггером, находящимся под внешним и внутренним воздействием и приводящим всю систему в скоординированное движение и развитие. Поэтому целостность болот можно исследовать через формализованные связи элементов фрактального объекта, в данном случае, частиц, протяженных элементов или объемов, характеризующих таким образом «границы» ярусов растительности, верхнего слоя болота, торфяных отложений и дна болота.

#### Список литературы.

1. Бирюков И. Н., Прейс А. А., Тарунина Е. Ф. Закономерности газообразовательных процессов, возникающих в торфяной залежи в результате ее затопления при создании водохранилищ // Современный научно-технический уровень производства геологоразведочных работ на торф и сапропель. М., 1979. С. 82–93.
2. Вихляев И. И. Торф в гидротехническом строительстве. М.; Л.: Энергия, 1965. 196 с.
3. Дубах А. Д., Спарро Р. В. Осушение болот открытыми канавами. М.; Л.: ГИЗ, 1930. 244 с.
4. Дубах А. Д. Очерки по гидрологии болот. Изд. ЦУЕГМС СССР, 1936. 117 с.
5. Иванов К. Е. Водообмен в болотных ландшафтах. Л.: Гидрометеиздат, 1975. 280 с.
6. Кот Н. А. Всплывание торфа в искусственных водоемах. Минск: Наука и техника, 1980. 160 с.
7. Кудряшов В. В. Торфяник как растущее тело. Статья 1. // Вестник торфяного дела. 1929. № 1. С. 29–48. Статья 2. // Вестник торфяного дела. 1929. № 2. С. 22–37.
8. Мазинг В. В. Структурная организация болот // Чтения памяти В. Н. Сукачева. XI: Биогеоценотические особенности болот и их рациональное использование. М.: Наука, 1994. С. 38–60.
9. Наседкин Н. А. Основные предпосылки физико-механических исследований торфа // За торфяную индустрию. 1938. № 3. С. 31–32.
10. Очерк работ Западной экспедиции по осушению болот (1873-1898). Сост. Генералом-Лейтенантом И. И. Жилинским. Санкт-Петербург, 1899. 742 с. 2
11. Перечень карт и чертежей. Очерк работ Западной экспедиции по осушению болот. Атлас. СПб., 1899. 77 л.

## РАСТИТЕЛЬНОСТЬ И ТИПОЛОГИЯ БОЛОТ

### К вопросу о распространении верховых и аапа болот в России

Т. К. Юрковская

### On the distribution of raised bog and aapa mire in Russia

Т. К. Yurkovskaya

Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН

yurkovskayatat@gmail.com

Ключевые слова: *аапа болото, верховое болото, северная и южная граница аапа болот.*

Key words: *aapa mire, raised bog, north and southern limit of aapa mires*

В сообщении я попытаюсь затронуть 4 вопроса, связанные с распространением этих типов болот.

1. Существует ли зона аапа болот?
2. Где проходят северная и южная граница аапа болот в России?
3. Какова территория, на которой перекрываются ареалы верховых и аапа болот?
4. Имеют ли аапа болота одинаковое происхождение?

Морфологическое сходство верховых и аапа болот заключается в сложном рисунке поверхности и растительного покрова. Как правило значительную их часть занимают грядово-мочажинные и грядово-озерковые комплексы. В остальном они отличаются.

1. Вогнутая поверхность аапа, выпуклая у верховых.
2. Комплексы аапа гетеротрофные и располагаются в вогнутых частях массива, а у верховых – они гомотрофные (олиготрофные) и располагаются на вершинах и склонах массива, т.е. в его выпуклых частях.
3. Торфяная залежь в центре аапа болот низинного или переходного и только на окраине смешанного типа. На верховых болотах преобладает верховая залежь и только в краевых частях могут быть участки с низинной или переходной залежью.
4. В питании аапа болот участвуют атмосферные, делювиальные и подземные воды (они минеротрофные). Водно-минеральное питание у верховых болот атмосферное. Они омбротрофны.
5. На аапа болотах 3 содоминирующих синузии - травяная, сфагновая и гипновая. В растительном покрове верховых болот одна доминирующая синузия – сфагновая, все остальные подчинены ей.

Дешифрирование аэро- и космоснимков определенно подтвердили панбореальный характер распространения аапа болот.

Таким образом на 1-й вопрос мы сразу отвечаем отрицательно. Специфической зоны аапа болот не существует, т.к. верховые болота также имеют панбореальное распространение.

Встречаемость верховых и аапа болот в пределах одной зоны или подзоны мы сравниваем с распространением еловых и сосновых лесов в европейской тайге или светлохвойных и темнохвойных лесов в Сибири. И те, и другие существуют в пределах одной зоны, только меняются их площади и соотношение в разных регионах в зависимости прежде всего от эдафических условий.

Географическое распространение верховых и аапа болот в Европейской и Азиатской России различно. В Европейской России аапа болота распространены в лесотундре, северной и средней тайге. В Азиатской России распространение аапа болот шире. Они встречаются от южной тундры до южной тайги. Распространение верховых болот в Европе и Азии также асимметрично, но ареал их в Европе шире, чем в Азии. В Европе они распространены от северной тайги до степей, а в Азии в северной тайге еще господствуют бугристые и аапа болота.

Таким образом северная граница аапа болот в России проходит севернее границы верховых болот и перекрывается на севере ареалом бугристых болот. Южная граница аапа болот проходит севернее южной границы верховых болот. В Европейской России она ограничена средней тайгой, а в Азии – южной.

Наконец, на 4-й вопрос, одинаково ли происхождение и развитие аапа болот вряд ли можно ответить однозначно. Этим вопросом много занимались финские, карельские и вообще скандинавские исследователи. И они пришли к выводу, что в области совместного ареала верховых и аапа болот их возраст идентичен. Различия между ними связываются не с возрастом, а с условиями залегания и водно-минерального питания. Различаются лишь возраст, точнее время возникновения и активного развития грядово-мочажинных комплексов. На таежных верховых болотах он связывается в основном с атлантическим периодом. А грядово-мочажинные комплексы аапа болот обычно являются более молодыми и образовались 600-300 лет назад. Известны и мелкозалежные аапа болота, в которых гряды и мочажины образовались одновременно с болотом. Кроме того, Н. И. Пьявченко, изучавший, как известно, бугристые болота, выдвинул гипотезу происхождения аапа болот в результате деградации (таяния) бугристых. Вероятно, в области совместного ареала аапа и бугристых болот это верно, по крайней мере отчасти.

В целом, генезис аапа болот в разных частях их ареала различен; но этот вопрос нуждается в дальнейшем изучении, как необходимо и уточнение ареала аапа болот и уточнение их региональных отличий. Огромное количество аапа болот, возможно даже большее чем в кольско-карельском регионе, выявлено по космоснимкам на севере Красноярского края, начиная от лесотундры и сплошь в бассейнах Тунгусок. Но больше

ничего о них неизвестно. Нет ни одной публикации, их никто не исследовал.

## **Характеристика болот Белорусского Полесья**

*Д. Г. Груммо\*, Н. А. Зеленкевич*

## **Belarusian Polesie Mire Modern Structure Characteristic**

*D. G. Grummo\*, N. A. Zeliankevich*

Институт экспериментальной ботаники НАН Беларуси

*\*zm.hrumo@gmail.com*

Ключевые слова: *Полесье, мелиорация, типологическая структура, геоботанические районы.*

Key words: *Polesie, melioration, typological structure, geobotanical regions.*

Белорусское Полесье – заболоченная низменность в бассейне р. Припять, расположенная в западной части Русской равнины. Плоская низина сложена сверху флювиогляциальными и древнеаллювиальными отложениями [2]. Болота в регионе занимают большие площади, часто представлены в виде систем, имеющих сложную конфигурацию. Во второй половине XX в. на Полесье прошла крупномасштабная мелиорация, наиболее сохранившийся комплекс торфяных болот размещен в границах биосферного резервата «Припятское Полесье» (рис.).

В настоящее время общая заторфованность региона составляет 19,6%, по отдельным геоботаническим районам колеблется от 8,7% (Гомельско-Преднепровский район) до 38,1% (Пинско-Припятский район). Средняя глубина торфяной залежи 1,45 м, максимальная – 7,8 м (торфяное месторождение «Неманка», Ветковский район Гомельской области).

Типологическая структура болот Белорусского Полесья разнообразна (рис., табл.). Значительные площади (103,9 тыс га или 8,9% от общей площади торфяных болот) в заливаемых долинах р. Припять и ее притоков занимают травяные болота (тростниковые, осоково-хвощевые, крупноосоковые). В центральной части Белорусского Полесья сохранились осоково-гипновые болота, где доминируют *Carex lasiocarpa*, *C. diandra*, *C. elata* и мхи – *Calliergonella cuspidata*, *Calliergon giganteum*, *Drepanocladus aduncus*, *D. vernicosus*. В настоящее время эти болота подвержены активному зарастанию древесно-кустарниковой растительностью и на их месте формируются кустарниковые (76,4 тыс. га – 6,6%) и лесные (480,9 тыс. га – 41,5%) евтрофные болота. В строении торфяной залежи низинных болот преобладают безлесные торфа.

В растительном покрове мезотрофных сфагновых болот (46,5 тыс. га – 4,0%) доминируют *Carex lasiocarpa* и *Sphagnum fallax*.

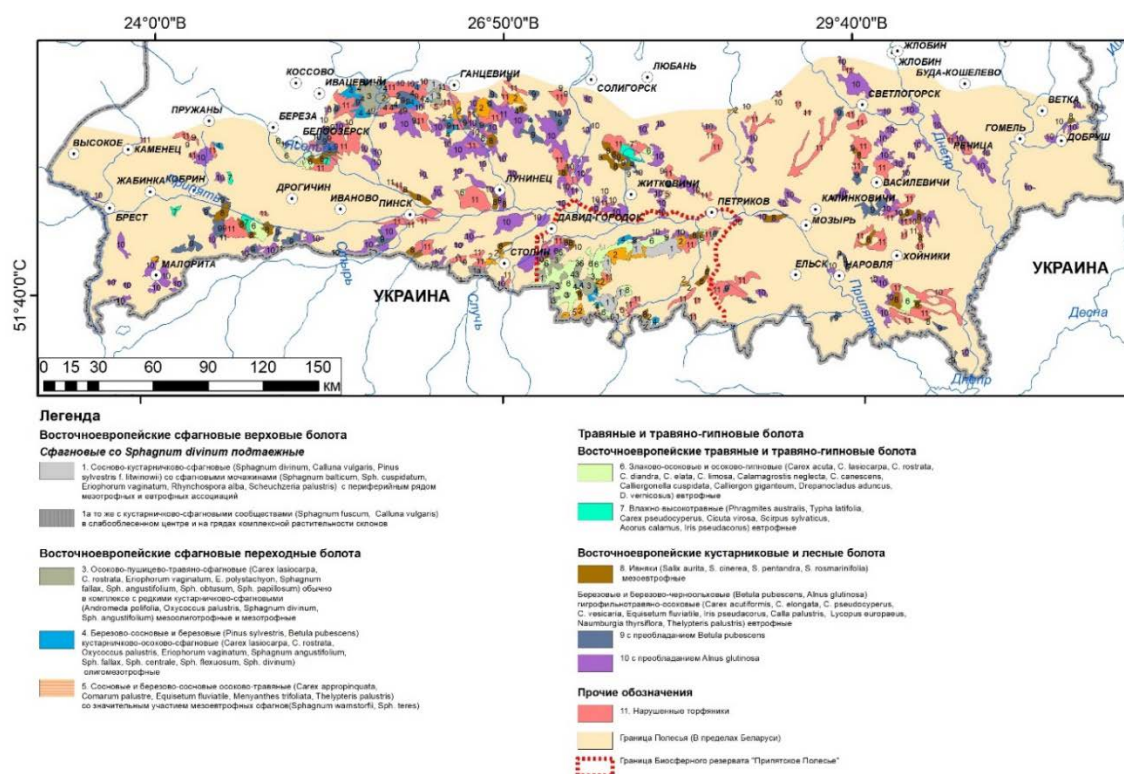


Рисунок. Современная типологическая структура болот Белорусского Полесья  
Примечание. Цветной вариант карты см. в электронном варианте сборника на сайте БИН РАН

Верховые болота занимают площадь 87,3 тыс. га (7,5%). Выпуклость их невысока (до 1 м), преобладают олиготрофные сосново-кустарничково-сфагновые болота. Под ярусом *Pinus sylvestris* (f. *uiginosa* или f. *litwinowii*), второй ярус образуют *Eriophorum vaginatum*, *Ledum palustre*, *Andromeda polifolia*. Моховой покров образуют *Sphagnum divinum* и *S. angustifolium* [1].

Таблица. Современная структура торфяного фонда Полесья  
(в разрезе единиц геоботанического районирования).

Единица геоботанического районирования	Площади по типам болот*, тыс. га											ВСЕ-ГО
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
Бугско-Полесский**	21,5	25,1	46,5	23,0	2,7	54,7	7,9	40,1	72,2	235,2	165,6	694,4
Бугско-Припятский***	—	0,9	—	1,5	0,0	8,1	6,4	10,8	29,0	63,3	22,8	142,8
Пинско-Припятский	21,5	24,1	46,5	21,6	2,7	46,6	1,5	29,3	43,2	171,9	142,7	551,6
Полесско-Приднепровский	24,7	16,1	—	4,3	2,2	36,0	5,3	36,3	28,8	144,6	165,9	464,1
Гомельско-Приднепровский	—	—	—	—	—	—	—	9,5	13,0	80,5	52,7	155,8
Припятско-Мозырский	22,9	14,8	—	2,3	0,0	25,0	0,0	6,5	3,2	22,1	18,2	115,1
Центрально-Полесский	—	0,7	—	0,1	1,2	2,1	5,3	11,1	5,6	32,8	45,9	104,9
Южнополесский	1,9	0,5	—	1,8	1,0	8,8	0,0	9,1	7,0	9,3	49,1	88,4
<b>ВСЕГО</b>	<b>46,2</b>	<b>41,1</b>	<b>46,5</b>	<b>27,3</b>	<b>4,9</b>	<b>90,7</b>	<b>13,2</b>	<b>76,4</b>	<b>101,0</b>	<b>379,9</b>	<b>331,5</b>	<b>1158,6</b>

\*Коды типов болот см. на рисунке. \*\*Геоботанический округ. \*\*\*Геоботанический район



Различают мокрые болота с мертвой *Pinus sylvestris* и *Sphagnum cuspidatum*, которые в настоящее время сохранились в границах болота Мечж (биосферный резерват «Припятское Полесье»); болота «балтийского типа», где на открытом центре доминирует *S. fuscum*, с грядово-мочажинными комплексами на склонах и сосново-сфагновым краевым поясом (болото Морочно, окрестности г. Столин, № 1а на рис.). На крупных верховых болотах Пинско-Припятского геоботанического района иногда выражены грядово-мочажинные комплексы.

Верховые торфяники развиваются, как правило, на низинных торфах или непосредственно на минеральном песчаном грунте, встречаются также верховые болота и с мощной толщей комплексно-верхового торфа, который откладывается в условиях очень высокой степени обводнения.

Масштабная мелиорация региона во многом определила высокую долю деградированных торфяников (331,5 тыс. га – 28,6%) (рис., табл.).

Список литературы.

1. Кац Н. Я. Болота земного шара. М: Наука, 1971. 294 с.
2. Пидопличко А. П. Торфяные месторождения Белоруссии. Минск: Изд-во АН БССР, 1961. 192 с.

**Динамика растительности под действием осушения болотных лесов  
на верховых торфах в подтайге Европейской части России  
(Западнодвинский лесоболотный стационар, Тверская обл.)**

*А. А. Егоров\*, Т. В. Глухова*

**Vegetation dynamics under the impact of drainage of mire forests on bog  
peat in the subtaiga of the European part of Russia (Zapadnaya Dvina  
forest peatland station, Tver region)**

*A. A. Egorov\*, T. V. Gluhova*

Институт лесоведения РАН

\**egorovfta@yandex.ru*

Ключевые слова: *болотные сосняки, верховые торфа, Западнодвинский лесоболотный стационар, осушение, смена сообществ.*

Key words: *bog pine forests, bog peat, Zapadnaya Dvina forest peatland station, drainage, community change.*

Западнодвинский лесоболотный стационар расположен в Тверской области в Западнодвинском районе. По геоботаническому районированию стационар относится к Западнодвинско-Меженскому округу подтаёжных лесов [2]. В 1972-73 гг. на стационаре было проведено осушение

различных типов торфяных земель, в т. ч. расположенных на верховых торфах. В результате этих работ было полностью осушено болото Сосвятское центрально-олиготрофного хода развития, находящиеся на стадии резко выпуклого болотного массива. Глубина торфа в центре болотного массива составляет более 5 м, мелиоративные каналы закладывались в основном с расстоянием между их центрами около 106 м, в некоторых местах проводилось сгущение сети каналов, с расстоянием между их центрами до 53 м и до 35 м.

В 1974 г. в болотном массиве с расстоянием 106 м между осушительными каналами были заложены четыре постоянные пробные площади (ППП), расположенные в верхней части склона (ППП 5-74 и 5а-74) и по окрайке болота (ППП 4-74 и 4а-74), по которым имеются сведения об их геоботанической характеристике в виде названий по эколого-доминантной классификации [1]. В 2023-2024 гг. на этих ППП были проведены новые таксационные, почвенные и геоботанические исследования.

ППП 5-74 и 5а-74 были заложены в 1974 г. на месте *сосняка андромедо-пушицево-сфагнового* Vб класса бонитета и относительной полнотой 0,3 [1, 3]. При обследовании в 2023 г. на ППП 5-74, расположенной в середине межканавья, через 50 лет после осушения сформировался *сосняк багульниково-сфагновый осушенный* Va бонитета с полнотой 0,5 [3]. А на месте ППП 5а-74, расположенной в приканавной полосе шириной 35 м, сформировался *сосняк багульниково-зеленомошно-сфагновый осушенный* Va класса бонитета с полнотой 0,7 [3]. Мощность торфа составила около 4 м. Режим дренажа характеризовался как экстенсивный в середине межканавья и как нормальный – в приканавной полосе.

ППП 4-74 и 4а-74 были заложены на месте *сосняка кустарничково-сфагнового* V бонитета с полнотой 0,7. Обследование этих ППП в 2023-2024 гг. показали, что под действием осушения на них сформировался *сосняк кустарничково-зеленомошный осушенный* с полнотой 0,8-0,9. Насаждение 2-х ярусное с участием во втором ярусе ели. Бонитет древостоя в межканавье (ППП 4-74) составил III класс, а в приканавье (ППП 4а-74) – IV класс. Мощность торфа на этих ППП в настоящее время составляет до 1 м. Уровень болотных вод во время обследования в 2023 и 2024 гг. в межканавье и приканавье был сходным, что характеризует существенное снижение дренажной способности территории каналами.

Таким образом, в результате осушения болотного сосняка на верховых торфах, через 50 лет сформировались болотные осушенные сосняки, характеризующиеся другими типами сообществ и более высокой продуктивностью, чем до осушения.

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

#### Список литературы.

1. Биогеоэкологическое изучение болотных лесов в связи с опытной гидромелиорацией / Под ред. А.А. Молчанова. М.: Наука, 1982. 208 с.
2. Геоботаническое районирование Нечерноземья Европейской части РСФСР / В. Д. Александрова, С. А. Грибова, Т. И. Исаченко и др. Л.: Наука. 1989. 64 с.
3. Егоров А. А., Глухова Т. В. Изменение структуры древостоя на осушенном олиготрофном болоте за 50 лет на Западнодвинском лесоболотном стационаре в Тверской области // Лесоведение. 2024. № 6. С. 617–625.

### **Типы болот национального парка «Зюраткуль» (Челябинская область)**

*Т. Г. Ивченко*

### **Types of mires of the Zyuratkul National Park (Chelyabinsk Region)**

*T. G. Ivchenko*

Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН  
Тобольская комплексная научная станция УрО РАН  
*ivchenkotat@mail.ru*

Ключевые слова: *болота, растительность, Южный Урал, Челябинская область.*

Key words: *mires, vegetation, Southern Urals, Chelyabinsk region.*

На территории национального парка «Зюраткуль» были исследованы 9 болотных массивов в рамках изучения болот Челябинской области [1]. Изучены их флористический и ценотический состав, показано типологическое разнообразие. Классификационная схема типов болот разработана автором на основе ботанико-географической классификации Т. К. Юрковской [4].

Национальный парк «Зюраткуль» расположен в центральной горной части Южного Урала. Территория – 88249 га, максимальная протяженность с севера на юг – около 40 км, с запада на восток – около 24 км. Здесь на высоте 724 м над ур. м. расположено озеро Зюраткуль –

единственное крупное озеро западного макросклона Южно-Уральских гор. Площадь его составляет 13,2 км<sup>2</sup>, средняя глубина 5–6 м, максимальная – 12 м. Сюда впадают 20 малых рек и ручьев, а вытекает одна – река Большая Сатка. По берегам водотоков в пределах котловины расположены болота, разной степени трофности и увлажнения. Площадь наиболее крупных из них, в пределах озерной котловины, сократилась в результате подъема уровня воды в озере после постройки плотины с 436 га у Малокрыльского болота и 387 га у Зюраткульского (Большекрыльского) до 150–200 га у каждого в настоящее время [3]. Котловина окружена горными хребтами Зюраткуль, Москаль, Нургуш, Уреньга и горой Лукаш.

Согласно геоботаническому районированию Челябинской области, территории парка входит в состав геоботанического округа темнохвойных лесов и гольцов верхнего пояса гор Южного Урала [2]. Прослеживаются три высотных пояса растительности – горно-лесной, подгольцовый (субальпийский) и горно-тундровый (гольцовый). Растительность горно-лесного пояса можно рассматривать как высотный аналог растительности подзон южной и отчасти средней тайги. Распространены темнохвойные леса (елово-пихтовые и пихтово-еловые, обычно с большей или меньшей примесью березы, занимающие интервал высот от 650–700 до 1100–1150 м над ур. м.

### **Классификационная схема типов болот национального парка «Зюраткуль»**

#### **Класс типов Сфагновые болота**

##### **Группа типов Южноуральские сфагновые верховые болота**

**1. Тип** Сосновые пушицево-кустарничково-сфагновые (*Pinus sylvestris*, *Eriophorum vaginatum*, *Empetrum hermaphroditum*, *Vaccinium uliginosum*, *Sphagnum angustifolium*, *S. divinum*, *S. fuscum*) среднегорные южноуральские верховые болота

**2. Тип** Сосново-кустарничково-сфагновые со сфагновыми мочажинами и осоково-сфагновыми сообществами по краю (*Pinus sylvestris*, *Empetrum hermaphroditum*, *Vaccinium uliginosum*, *Trichophorum cespitosum*, *Carex limosa*, *C. rostrata*, *Sphagnum angustifolium*, *S. divinum*, *S. majus*, *S. teres*) южноуральские верховые болота

##### **Группа типов Южноуральские сфагновые переходные**

**3. Тип** Кустарничково-травяно-сфагновые и травяно-сфагновые (*Carex lasiocarpa*, *C. rostrata*, *Molinia caerulea*, *Sanguisorba officinalis*, *Sphagnum fallax*, *S. russowii*) среднегорные южноуральские переходные болота

#### **Класс типов Травяные и травяно-гипновые болота**

**Группа типов Южноуральские травяные и травяно-гипновые болота**

**4. Тип** Травяно-сфагново-гипновые (*Carex diandra*, *Saxifraga hirculus*, *Bistorta major*, *Paludella squarrosa*, *Tomentypnum nitens*, *Sphagnum*

*warnstorffii*) с участием выходов ключевой воды, гетеротрофотипных кочковато-топяных комплексов и елово-болотнотравных сообществ по краю южноуральские

**Класс типов** Лесные болота

**Группа типов** Восточноевропейско-западносибирские таежные лесные болота

**5. Тип** Березово-сосновые, березовые или еловые осоково-разнотравные (*Betula pubescens*, *Pinus sylvestris*, *Juniperus communis*, *Salix* spp., *Menyanthes trifoliata*, *Calla palustris*, *Comarum palustre*, *Phragmites australis*, *Carex cespitosa*, *Sphagnum squarrosum*, *S. girgensohnii*, виды *Mnium*) **мезоевтрофные**

Список литературы.

1. Ивченко Т.Г. Растительность болот Южно-Уральского региона (в пределах Челябинской области). Дисс. ... докт. биол. наук. Санкт-Петербург, 2019. 476 с.
2. Колесников Б.П. Очерк растительности Челябинской области в связи с ее геоботаническим районированием // Труды Ильменского государственного заповедника им. В.И. Ленина. Свердловск: УФАН СССР, 1961. Вып. 8. С. 105-129.
3. Маковский В.И. Болота Южного Урала, рекомендуемые как памятники природы // Охрана природы и природопользование. Уфа, 1973. С. 64-66.
4. Юрковская Т.К. География и картография растительности болот Европейской России и сопредельных территорий. СПб., 1992. 256 с.

**Микротопография как средообразующий фактор в условиях  
кочковато-коврового болотного комплекса заказника  
«Сестрорецкое болото» (Санкт-Петербург)**

*А. Г. Кочергина<sup>1</sup>, Е. М. Концева<sup>2</sup>*

**Microtopography as an environment-forming driver in the  
conditions of the hummocky-carpet bog complex of the state reserve  
“Sestroretskoe Boloto” (St. Petersburg)**

*A. G. Kochergina<sup>1</sup>, E. M. Koptseva<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Эколого-биологический центр «Крестовский остров»

<sup>2</sup>Санкт-Петербургский государственный университет  
*e.koptseva@spbu.ru*

Ключевые слова: *растительность, болото, фитосреда, микрорельеф, биотоп.*

Key words: *vegetation, mire, microrelief, biotope.*

Структурированность поверхности (гряды, кочки, ковры, западины, мочажины и др.) является характерной чертой многих естественных водно-болотных экосистем, микро- и наноэлементы которой играют ключевую роль в формировании среды обитания болотных растений, определяя различия гидрофизических и гидрологических характеристик местообитания, создавая объективные предпосылки для изучения распределения растительных сообществ по элементам болотного рельефа [1].

В условиях болот именно растительность является одним из важных факторов формирования болотного микрорельефа. В этой связи выяснение вопросов преобразования растительностью эктопических факторов, создающих тем самым неоднородность болотной среды, представляется актуальным.

**Целью исследования** является анализ трансформации основных факторов среды биогенными формами рельефа на примере кочковато-ковровой стадии дифференциации болотного комплекса.

В задачи исследования входило выявить различия в растительных микрогруппировках в разных позициях на кочках и на сфагновом ковре; проследить динамику основных факторов среды (температуры и влажности) в условиях фитогенного рельефа; выявить взаимосвязь факторов среды (их величин и трендов) с морфологическими характеристиками и особенностями растительности кочек и ковра.

В ходе работы сравнивали и анализировали данные по морфологическим характеристикам кочек, описания растительности, а также особенности хода температур и влажности на глубине корнеобитаемого слоя различных элементов болотного рельефа.

Статистическая обработка материала проведена в программе Statistica 7.0. Классификация кочек на основе их морфометрических характеристик, с учетом плотности сфагновых мхов выполнена с применением Евклидова расстояния. Дискриминантный анализ использовали для выявления различий между растительностью в разных позициях болотного микрорельефа. Дисперсионный анализ применен для определения типа тренда сезонного хода температур и влажности воздуха в различных позициях микрорельефа.

При относительно небольшом числе видов болотная растительность на стадии кочковато-коврового комплекса образует разнообразные микрогруппировки. При этом выявлена лишь частичная приуроченность микрогруппировок к определенным позициям в микрорельефе болота. На дифференциации растительности в микрорельефе сказывается скорее присутствие не доминирующих, а малообильных видов-наполнителей, по-видимому, более тонко маркирующих условия среды. Так, к центральной части кочек

приурочены такие виды как *Empetrum nigrum*, *Polytrichum strictum*, а к склонам – *Drosera rotundifolia*, *Oxycoccus palustris*, *Sphagnum balticum*.

По условиям влажности на глубине корнеобитаемого слоя центральные части кочек являются более стабильными по сравнению со склонами, где наблюдаются колебания данного параметра.

Позиции на кочках различаются по типам трендов подъема и снижения температур на глубине корнеобитаемого слоя. В центральной части кочек подъем температур в летний период и снижение в осенний происходит более плавно. В то время как в летний период подъем температур быстрее всего происходит на южных склонах, что связано с их большей инсоляцией. Более быстрое падение температур в осенний период происходит, в основном на северных склонах кочек. В летний период растительный покров кочек оказывает скорее охлаждающее воздействие, снижая температуру внутри на 2-3 градуса.

Сильной однозначной связи растительных микрогруппировок с параметрами среды не выявлено. Однако можно отметить, что более быстрое падение температур в осенний период происходит на низких кочках в микрогруппировках с доминированием таких видов как *Sphagnum balticum*, *S. angustifolium*, *S. fuscum*.

Список литературы.

1. Калужный И. Л. Микрорельеф болотных микроландшафтов Кольского полуострова. Труды ИНСТОРФА. 2021. № 23 (76). С. 3-10.

**Разнообразие пухоносово-моховых сообществ на болотах  
Европейского Севера**  
*О. Л. Кузнецов*

**Diversity of *Trichophorum cespitosum*-moss communities  
on North European mires**  
*O. L. Kuznetsov*

Институт биологии ФИЦ «Карельский научный центр РАН»  
*kuznetsov@krc.karelia.ru*

Ключевые слова: *растительность, синтаксоны, классификации, типы болот.*  
Key words: *vegetation, syntaxa, classifications, mire types.*

Пухонос дернистый (*Trichophorum cespitosum* (L.) С. Hartm.) – голарктический вид, обитающий преимущественно в приморских, а



также горных регионах Евразии и Северной Америки. Является эвритопным видом и обитает на болотах разной трофности, в сырых тундрах, по берегам водоемов. В Европе он широко распространен в лесотундре, подзонах северной и средней тайги в Фенноскандии и вдоль побережья Белого и Баренцева морей, где играет важную роль в составе различных болотных сообществ. Дернины *Trichophorum cespitosum* не приспособлены к погребению при быстром нарастании сфагнового покрова, поэтому он произрастает только в местообитаниях со слабым вертикальным приростом сфагновых мхов или на участках с печеночно-водорослевым покровом (мочажины типа *rimpi*).

На верховых сфагновых и дистрофных болотах описаны пухоносово-сфагновые сообщества, доминантами мохового яруса в которых являются *Sphagnum balticum*, *S. compactum*, *S. lindbergii*, *S. majus*, *S. papillosum*, *S. tenellum*. Такие сообщества отнесены к синтаксонам разного ранга (ассоциации, субассоциации, фации, *mire types*) выделенным разными методами [1, 2, 4-9], при этом они маловидовые и их состав очень близок в разных регионах. Высокое постоянство, но низкое обилие в сообществах имеют *Andromeda polifolia*, *Oxycoccus palustris*, *Eriophorum vaginatum*, иногда *Carex limosa*. Это чаще всего маленькие сообщества ковров и неглубоких мочажин.

Пухоносово-печеночниковые (*Cladopodiella fluitans*, *Gymnocolea inflata*, *Mylia anomala*) сообщества представляют собой стадию деградации сфагновых мочажин с застойным режимом и прекратившимся торфонакоплением. В них отдельные кочки пухоноса (покрытие 5-15%) разбросаны по черной печеночно-водорослевой пленке, которая в сухие летние сезоны часто высыхает и растрескивается. В составе сообществ имеются и маленькие дернины угнетенных сфагновых мхов и *Warnstorfia fluitans*, оплетенные печеночниками [1, 4, 6, 9]. На севере Западной Сибири в таких сообществах встречаются *Carex rariflora*, *C. rotundata*, *Eriophorum angustifolium* [4].

В эвтрофных и мезотрофных местообитаниях *Trichophorum cespitosum* является доминантом в ряде травяно-гипновых сообществ, моховой ярус которых сложен в основном *Campylium stellatum*, *Scorpidium revolvens*, *S. cossonii*, часто они содоминируют, иногда *S. scorpioides*, *Warnstorfia exannulata*, а на Крайнем Севере *Loeskyum badium*, *Scorpidium sarmentosum* [3]. Они приурочены к ключевым болотам с жестководным питанием, коврам и мочажинам эвтрофных аапа болот, преимущественно в подзоне северной тайги. Их синтаксоны выделены разными методами [3, 7, 8, 9], сообщества многовидовые, значительно различаются по составу. В разных регионах высокое и среднее постоянство в них имеют *Molinia caerulea*, *Trichophorum alpinum*, *Carex dioica*, *C. panicea*, *C. lasiocarpa*, *Eriophorum angustifolium*,

*Menyanthes trifoliata*, в моховом ярусе *Sphagnum warnstorffii*. В сообществах встречается целый ряд редких и охраняемых видов.

Минеротрофные пухоносowo-сфагновые сообщества с моховым ярусом из *Sphagnum warnstorffii*, *S. subfulvum*, *S. papillosum* довольно широко распространены в северной Фенноскандии на низких грядах и коврах аапа и мелкоосоково-сфагновых болот [2, 9]. В их составе высокое и среднее постоянство имеют болотные кустарнички, *Molinia caerulea*, *Trichophorum alpinum*, *Carex dioica*, *C. lasiocarpa*, *Menyanthes trifoliata*. Ценофлора таких сообществ беднее по сравнению с пухоносowo-гипновыми ценозами.

*Работа выполнена в рамках гос. задания Института биологии КарНЦ РАН № 122031700449-3.*

#### Список литературы.

1. Боч М. С., Смагин В. А. Флора и растительность болот северо-запада России и принципы их охраны. Санкт-Петербург: Гидрометеиздат, 1993. 225 с.
2. Кузнецов О. Л. Тополого-экологическая классификация растительности болот Карелии (омбротрофные и олиготрофные сообщества) // Труды КарНЦ РАН. 2005. Вып. 8. С. 15–46.
3. Кузнецов О. Л. Разнообразие травяно-гипновых сообществ болот Европейского Севера // Материалы V Межд. науч. семинара (16-20 сентября 2024 г., Минск-Домжерицы, Беларусь). Минск, 2024. С. 87-90.
4. Лапшина Е. Д. Мелкоосоковые сообщества топей и мочажин болот севера Западной Сибири // Растительность России. 2022. № 45. С. 3-38.
5. Смагин В. А. Растительность мочажин, ерсеев и олиготрофных топей болот севера Европейской России // Бот. журн. 1999. Т. 84. № 1. С. 104-116.
6. Смагин В. А. О ряде растительных ассоциаций болот северной тайги // Ботан. журн. 2000. Т. 85. № 10. С. 61-74.
7. Dierssen K. Die wichtigsten Pflanzengesellschaften der Moore NW Europas. Geneve, 1982. 382 p.
8. Pålsson L. (ed.). Vegetationstyper i Norden. Kopenhamn: TemaNord, 1994. 627 p.
9. Ruuhijärvi R. Über die regionale Einteilung der nordfinnischen Moore // Ann. Bot. Soc. «Vanamo». 1960. Т. 31. № 1. Р. 1-360.

**К вопросу о растительности болот на северо-востоке  
тундровой зоны Якутии**

*Е. Д. Лапшина\*, И. В. Филиппов*

**On the mire vegetation of the tundra zone in the northeast of Yakutia**

*E. D. Lapshina\*, I. V. Filippov*

Югорский государственный университет

*\*e\_lapshina@ugrasu.ru*

Ключевые слова: *растительность, плоскобугристые и полигональные болота, классификация Браун-Бланке, южные тундры, Республика Саха (Якутия).*

Key words: *vegetation, flat-palsa and polygonal mires, Braun-Blanquet classification, southern tundras, Republic of Sakha (Yakutia).*

Первые краткие сведения о растительности болот тундровой зоны Якутии в низовьях Индигирки содержатся в работах А. В. Шелудяковой, А. П. Тыртикова, М. С. Боч [1, 2, 3]. Более полная характеристика и ее доминантная классификация приведена в монографии В. И. Перфильевой [4], которая выделила 5 классов и 12 групп растительных сообществ гидрофильных осоковых и осоково-моховых болот. Относительно дренированные сообщества мерзлых торфяных бугров плоскобугристых болот рассматривались ею в составе тундровой растительности.

С позиций эколого-флористической классификации, растительность болот тундровой зоны Якутии изучена очень слабо. Лишь две ассоциации (*Cardamino pratensis–Calthetum arcticae* Troeva et Telyatnikov 2014 и *Carici rariflorae–Sphagnetum warnstorffii* Telyatnikov et al., 2015), имеющие крайне ограниченное распространение, и две новых субассоциации в пределах ранее известных ассоциаций тундровых болот (*Sphagno–Eriophoretum vaginati* Walker et al. 1994, *Meesio triquetris–Caricetum stantis* Matveyeva 1994) описаны в последние годы при изучении тундровой растительности региона [5, 6].

**Целью исследований** было по возможности полное выявление фитоценотического разнообразия болотной растительности обширного региона в пределах Яно-Индигирской низменности на северо-востоке Якутии.

Полевые работы проводились в июле 2023 года в южной части тундровой зоны в бассейне р. Берелёх, левого притока р. Индигирка (Аллаиховский р-он, Республика Саха (Якутия)). Исследованиями были охвачены болота в долине реки и прилегающих к ней участках междуречных пространств и возвышенностей на отрезке протяженностью около 200 км к западу от пос. Чокурдах. Все разнообразие типов болотных местообитаний и свойственных им сообществ в районе исследования можно разделить на несколько групп.

На самых низких уровнях в условиях более или менее регулярного заливания речными водами развиваются пойменные осоково-гипновые болота и крупноосоковые богато разнотравные сообщества асс. *Hamatocauli vernicosi*–*Caricetum stantis* ass. nov. prov.

На ранних стадиях формирования болот по днищам многочисленных спущенных термокарстовых озер (хасыреев) на низких речных террасах развиваются различные варианты осоково-гипновых сообществ полигонов валиково-полигональных болот и приозерных сплавин асс. *Scorpidio revolvantis*–*Caricetum chordorrhizae* Osvald ex Lapshina in Lapshina et al. 2021. По мере накопления торфа их сменяют осоково-сфагновые сообщества асс. *Sphagno orientalis*–*Caricetum stantis* ass. nov. prov.

В более древних хасыреях на вторых надпойменных террасах формируются полигонально-валиковые болотные комплексы с ивово-сфагновыми сообществами асс. *Sphagno squarrosi*–*Salicetum fuscescentis* ass. nov. prov. на мерзлых валиках и осоково-сфагновые сообщества асс. *Sphagno obtusi*–*Caricetum stantis* ass. nov. prov. в обводненных мочажинах.

Сообщества класса *Oxycocco*–*Sphagnetes* Br.-Bl. et Tx. Ex Westhoff et al. 1946 представлены сфагновыми пушичниками асс. *Ledo decumbentis*–*Eriophoretum vaginati* Lapshina in Lavrinenko et al. 2022 с доминированием *Sphagnum lenense* и *S. balticum* по слабо дренированным пологим и вогнутым склонам плоских возвышенностей и ерниково-зеленомошными (*Polytrichum strictum*, *Dicranum* spp.) сообществами асс. *Dicrano elongati*–*Betuletum exilis* ass. nov. prov. на мерзлых торфяных буграх плоскобугристых комплексов.

#### Список литературы.

1. Шелудякова В. А. Растительность бассейна р. Индигирки // Советская ботаника. 1938. № 4-5. С. 43-79.
2. Тыртиков А. П. Некоторые сведения о растительности низовьев Индигирки // Бюлл. МОИП. Отд. биол. 1958. Т. 63. Вып. 6. С. 71-77.
3. Боч М. С. Болота низовьев р. Индигирки (в пределах тундровой зоны) // Флора, систематика и филогения растений. Киев: Наукова думка, 1975. С. 239-245.
4. Перфильева В. И., Тетерина Л. В., Карпов Н. С. Растительный покров тундровой зоны Якутии. Якутск, 1991. 192 с.
5. Телятников М. Ю., Лащинский Н. Н., Троева Е. И., Пристяжнюк С. А., Гоголева П. А., Черосов М. М., Пестрякова Л. А. Разнообразие растительности низовий реки Колымы (тундровая зона Якутии) // Turczaninowia. 2014. № 4. С. 110-153.
6. Телятников М. Ю., Троева Е. И., Пристяжнюк С. А., Гоголева П. А., Черосов М. М., Пестрякова Л. А. Растительность низовий р. Индигирки (равнинные и горные тундры) // Turczaninowia. 2015. 18(4). С. 128-168.

# Закономерности динамики биогеоценозов после осушения болот и заболоченных лесов

В. Ю. Нешатаев

## Patterns of biogeocoenosis dynamics after drainage of mires and swampy forests

V. Yu. Neshatayev

Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет  
им. С. М. Кирова, [vn1872@yandex.ru](mailto:vn1872@yandex.ru)

Ключевые слова: *сукцессии, типы леса, продуктивность древостоя, виды-индикаторы.*

Key words: *successions, forest types, stand productivity, indicator species.*

Последствия осушения земель не ограничиваются одним лишь изменением водно-воздушного режима почв. Осушение приводит к коренной перестройке всех компонентов экосистемы. На начальных стадиях сукцессий осушения ведущую роль играет экзогенный фактор – изменение увлажнения местообитаний. В дальнейшем в осушенном биогеоценозе возрастает значение обратных связей эндогенного характера: увеличивается скорость разложения мёртвого органического вещества, возрастает продуктивность древостоя, транспирация, перехват осадков кронами и др. [5].

Интенсивное осушение приводит к выравниванию условий увлажнения биогеоценозов разного происхождения, поэтому различия между формирующимися типами леса на осушенных землях обусловлены различиями в трофности торфов [4, 5].

Охарактеризованы сукцессионные ряды, наблюдаемые при осушении болот и лесов на торфяных почвах, даны классы бонитета лесорастительных условий и диагностические виды растений стадий сукцессии.

Сукцессии при осушении сфагновых болот и сосняков сфагновых на бедных верховых торфах (крайне олиготрофный ряд) приводят к образованию сосняка кустарничкового торфяного осушенного – ***Pinetum fruticoso-turfosum***. Бонитет лесорастительных условий IV–Va. Диагностические виды: *Vaccinium vitis-idaea* (доминант), *Empetrum nigrum*, *Dicranum* sp.sp. [1, 3, 4, 5].

В результате сукцессии при осушении сосняков сфагновых и кустарничково-сфагновых на верховых торфах, подстилаемых на глубине более 50 см переходными торфами (олиготрофный ряд), образуется сосняк чернично-брусничный торфяной осушенный – ***Pinetum vaccinioso-turfosum***. Бонитет лесорастительных условий III–IV. Диагностические

виды: *Vaccinium myrtillus*, *V. vitis-idaea* (доминант), *Pleurozium schreberi* [1, 3, 4, 5].

Заключительной стадией сукцессии при осушении сосняков багульниковых на верховых торфах, подстилаемых на глубине менее 50 см переходными торфами или суглинками, и сосняков (березняков) осоково-пушицевых на бедных переходных торфах (мезотрофно-олиготрофный ряд) является ельник черничный торфяной осушенный – *Piceetum myrtilloso-turfosum*. Бонитет лесорастительных условий II–III в южной тайге и III–IV – в средней тайге. Диагностические виды: *Dryopteris carthusiana*, *Equisetum sylvaticum*, *Gymnocarpium dryopteris*, *Lycopodium annotinum*, *Vaccinium myrtillus* (доминант), *V. vitis-idaea*, *Hylocomium splendens*, *Pleurozium schreberi* [4, 5].

Сукцессии при осушении ельников (сосняков, березняков) чернично-сфагновых на бедных переходных торфах (олиго-мезотрофный ряд) также завершаются формированием ельников черничных торфяных осушенных [4, 5].

В ходе сукцессии при осушении ельников (сосняков, березняков) майниково-сфагновых на переходных торфах (мезотрофный ряд) березняки и сосняки сменяются ельниками. Заключительной стадией является ельник кисличный торфяной осушенный – *Piceetum oxalidoso-turfosum*. Бонитет лесорастительных условий I – в южной тайге и подтайге, II – в средней тайге. Диагностические виды: *Dryopteris expansa*, *Oxalis acetosella* (доминант), *Maianthemum bifolium*, *Hylocomium splendens*, *Pleurozium schreberi* [4, 5].

После интенсивного осушения травяно-сфагновых болот, сосняков (березняков) травяно-сфагновых на переходных торфах (мезотрофный ряд) сукцессия завершается также *Piceetum oxalidoso-turfosum* [2, 4, 5].

После интенсивного осушения травяных болот, ельников (сосняков, березняков, черноольшанников) таволговых и болотно-травяных на низинных торфах (эутрофный ряд), формируется ельник разнотравно-кисличный торфяной осушенный – *Piceetum herboso-turfosum*. Бонитет лесорастительных условий – I–Ia – в южной тайге и подтайге, II – в средней тайге. Диагностические виды: *Aegopodium podagraria*, *Angelica sylvestris*, *Anthriscus sylvestris*, *Athyrium filix-femina*, *Dryopteris expansa*, *Filipendula ulmaria*, *Cirsium oleraceum*, *C. heterophyllum*, *Impatiens noli-tangere*, *Urtica dioica* [1, 4, 5].

Несмотря на провинциальные особенности флор изученных регионов от Калининграда до Пермского края, характерное ядро индикаторных видов и структура сообществ осушенных лесов в изученных районах имеют много общего на сходных по трофности торфах. Зональные закономерности проявляются в степени повышения продуктивности осушенных лесов и скорости сукцессии, которые возрастают с севера на юг при одинаковой интенсивности осушения.

Леса и вырубки на осушенных торфах характеризуются существенными экологическими, в первую очередь, динамическими особенностями. В частности, они иначе, чем их аналоги на минеральных почвах, реагируют на пожары. В лесах на осушенных торфяниках в ходе пожаров выгорает верхний осушенный слой торфа, что сопровождается гибелью древостоев и последующим вторичным заболачиванием.

Леса на осушенных торфах, близкие по составу живого напочвенного покрова к своим аналогам на минеральных почвах, существенно отличаются по своим динамическим особенностям и должны рассматриваться как особые типы леса [4, 5].

#### Список литературы.

1. Нешатаев В. Ю. Крупномасштабное картирование лесных резерватов на примере заказника Ракитинский (Ленинградская область) // Геоботаническое картографирование. 1987. С. 39–50.
2. Нешатаев В. Ю. Изменение растительности травяно-сфагновых сосняков под влиянием осушения // Ботанический журн. 1986. Т. 71. № 4. С. 429–440.
3. Нешатаев В. Ю., Коновалова И. В. Влияние осушения на растительность сфагновых сосняков на верховых торфах // Вестник Ленинградского университета. Сер. 3. 1986. Вып. 4. С. 29–34.
4. Нешатаев В. Ю., Федорчук В. Н. Типы осушенных лесов и их происхождение // Динамическая типология леса. М., 1989. С. 178–192.
5. Федорчук В. Н., Нешатаев В. Ю., Кузнецова М. Л. Лесные экосистемы северо-западных районов России. Типология, динамика, хозяйственные особенности. СПб, 2005. 382 с.

#### **Осоковые и осоково-сфагновые сообщества болот севера Корякского округа (Камчатский край)**

*В. Ю. Нешатаев<sup>1,\*</sup>, В. Ю. Нешатаева<sup>2</sup>, Е. Ю. Кузьмина<sup>2</sup>, К. И. Скворцов<sup>2</sup>*

#### **Sedge-rich and sedge-bog moss communities of mires of the North of the Koryak Region (Kamchatka Territory)**

*V. Yu. Neshatayev<sup>1,\*</sup>, V. Yu. Neshataeva<sup>2</sup>, E. Yu. Kuzmina<sup>2</sup>, K. I. Skvortsov<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет  
им. С. М. Кирова

<sup>2</sup>Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН

<sup>\*</sup>*vn1872@yandex.ru*

Ключевые слова: *фитоценозы, ассоциации, формации, растительность болот.*

Key words: *phytocenoses, associations, formations, mire vegetation.*

Флора и растительность болот Северной Корякии (материковой части Камчатского края) изучены очень слабо. Некоторые сведения приведены в работах [1–3]. По геоботаническому районированию территория исследований относится к Бореальной хвойно-лесной (на северо-западе) и Берингийской лесотундровой областям. Хребты Корякского нагорья чередуются с обширными межгорными долинами; наиболее крупные из них – Парапольский дол, Пенжинский дол, долины рек Вывенка, Апука, Пахача – сильно заболочены, с многочисленными озёрами, занимающими до 60% площади. На склонах гор до высот 300–400 м преобладают сообщества кедрового стланика (*Pinus pumila*). Исследования проведены в 2008–2024 г.; геоботанические описания выполняли на пробных площадях размером 100 м<sup>2</sup>.

Изученные осоковые сообщества отнесены к типу растительности **Phragmitetion** – Гигрофитнотравяному и двум формациям: **Magnocariceta** – крупноосочники и **Cariceta chordorhizae** – осоки струнокоренной. Ассоциации формации **Magnocariceta** выделены по преобладающим видам-доминантам, содоминантам и константным видам травяно-кустарничкового (ТКЯ) и мохового ярусов (МЯ). Доминантами в разных ассоциациях являются: *Carex appendiculata*, *C. cryptocarpa*, *C. rostrata*, *C. schmidtii*, *C. vesicata*. Из содоминантов в ТКЯ – *Comarum palustre*, *Menyanthes trifoliata*, в МЯ – *Sphagnum squarrosum*. С высокой константностью отмечены *Calamagrostis purpurea*, *Comarum palustre*, *Epilobium palustre*, *Equisetum fluviatile*. Мхи, как правило, не образуют сомкнутого яруса (покрытие до 5%), лишь иногда – до 40%. Из мхов константны *Calliergon cordifolium*, *Sphagnum squarrosum*, *Straminergon stramineum*, *Warnstorfia exannulata*, *W. fluitans*. Крупноосочники встречаются по берегам озёр, в поймах рек, во временных руслах. Формация **Cariceta chordorhizae** представлена асс. **Caricetum chordorhizae caricosum rariflorae** – мелкоосочник топяной. Сообщества ассоциации занимают сильно обводнённые топяные участки на аапа-болотах. Кроме доминирующих *Carex chordorhiza* и *C. rariflora*, встречаются *C. lugens*, *C. rotundata*, *C. gynocrates*, *C. livida*. С невысоким обилием отмечены кустарнички *Betula exilis*, *Salix fuscescens*, *Andromeda polifolia*, *Vaccinium uliginosum*, *Ledum decumbens*, *Chamaedaphne calyculata*. Из гипновых мхов преобладает *Warnstorfia exannulata* (5%), встречаются *Calliergon cordifolium*, *Straminergon stramineum*. Сфагновые мхи *Sphagnum platyphyllum*, *S. steerei*, *S. subsecundum* образуют редкие кочки; их общее покрытие не превышает 1%.

Осоково-сфагновые сообщества отнесены к типу растительности **Sphagnetion** – гигрофильномоховому и формации **Herbosphagneta** – травяно-сфагновой. В ее составе выделены следующие ассоциации: **Herbosphagnetum caricosum lapponicae** – в ТКЯ доминирует *Carex lapponica* (50%), отмечены *C. canescens*, *C. lugens*; обильны *Eriophorum*



*polystachyon*, *E. scheuchzeri*. Отмечены *Comarum palustre*, *Epilobium palustre*, *Chamaedaphne calyculata*. В МЯ (30%) преобладают *Sphagnum squarrosum*, *S. teres*, *Warnstorfia fluitans*, *W. pseudostraminea*. **Herbosphagnetum caricosum rotundatae** – в ТКЯ доминирует *Carex rotundata* (40%), менее обильны кустарнички *Betula exilis*, *Vaccinium uliginosum*, *Empetrum nigrum*, *Andromeda polifolia*; единично отмечены *Ledum decumbens*, *Rubus chamaemorus*, *Oxycoccus microcarpus*. В МЯ преобладает *Sphagnum lenense* (40–70%), встречаются *S. squarrosum*, *S. warnstorffii*, *S. rubellum*, *S. balticum*, *Dicranum elongatum*, *Aulacomnium turgidum*, *Warnstorfia fluitans*. **Herbosphagnetum caricosum rariflorae** – в ТКЯ доминирует *Carex rariflora* (10–20%), менее обильны *C. livida*, *C. chordorhiza*, *C. lugens*, *C. gynocrates*; отмечены кустарнички *Andromeda polifolia*, *Ledum decumbens*, *Betula exilis*, *Salix fuscescens*, *Oxycoccus microcarpus*. В МЯ (покрытие 80%) доминирует *Sphagnum steerei* (70%), менее обильны *S. lenense*, *S. warnstorffii*, *S. balticum*. Отмечены *Aulacomnium palustre*, *A. turgidum*, *Polytrichum jensenii*. **Herbosphagnetum salicoso fuscescentis-caricosum** – содоминируют осоки *Carex rariflora*, *C. cryptocarpa* и простратная карликовая ива чернеющая – *Salix fuscescens*. Единично встречены *Comarum palustre*, *Epilobium palustre*, *Galium trifidum*, *Andromeda polifolia*, *Oxycoccus microcarpus*. В МЯ преобладает *Sphagnum squarrosum* (40%), отмечены *Aulacomnium palustre*, *Warnstorfia exannulata*, *Calliergon cordifolium*, *Straminergon stramineum*.

#### Список литературы

1. Васильев В. Н. Растительность Анадырского края. М.; Л., 1956. 218 с.
2. Нешатаев В. Ю., Нешатаева В. Ю., Скворцов К. И. Классификация растительности болот севера Корякского округа (Камчатский край) // Растительность болот: современные проблемы классификации, картографирования, использования и охраны. Материалы V Международного научного семинара (16–20 сентября 2024 г., Минск – Домжерицы, Беларусь). Минск, 2024. С. 120-124.
3. Нешатаев В. Ю., Нешатаева В. Ю., Якубов В. В. Растительность акватории и побережий озера Таловское и его окрестностей (Корякский округ, Камчатский край) // Растительность России. СПб. 2017. № 31. С. 59–76.

**Генезис и пути формирования аапа болот долины реки Курейки  
(Средняя Сибирь)**

*Ю. И. Прейс*

**Genesis and ways of ribbed fens formation of the Kureika river valley  
(Central Siberia)**

*Yu. I. Preis*

Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН  
*preisuyi@rambler.ru*

Ключевые слова: *аапа болота, стратиграфия, динамика, криогенез, Средняя Сибирь.*

Key words: *ribber fens, stratigraphy, dynamics, cryogenesis, Central Siberia.*

При современном потеплении климата одним из наиболее опасных явлений является деградация многолетней мерзлоты (ММ) криолитозоны. В зоне прерывистой ММ Средней Сибири в долинах рек наряду с различными типами бугристых болот характерны аапа болота, проходившие ММ стадии развития в периоды похолоданий голоцена. Знания о динамике аапа болот необходимы для прогнозирования изменения функционального состояния ММ болот. В этой зоне талые болота приурочены к долинам рек. В связи с тем, что водохранилищем Курейской ГЭС были затоплены значительные площади аапа болот, данные по аапа болотам, полученные нами в 1976 г. при их геологической разведке, вновь приобрели актуальность.

**Цель исследования** – выявить генезис и пути формирования аапа комплексов долины р. Курейка по данным геологической разведки и космическим снимкам.

Для аапа болот долины р. Курейка характерны все диагностические признаки этого типа болот [3]: вогнутая форма поверхности; наличие в вогнутой части болот гетеротрофных грядово-мочажинных (ГМК) или грядово-озерковых комплексов (ГОК) на низинных или переходных залежах; периферически олиготрофный путь развития и др. Нами выявлены следующие особенности аапа болот долины р. Курейка, аналогичные аапа болотам долины р. Хантайка [1], отнесенным нами к Средне-Сибирскому лесо-тундровому варианту: совместная встречаемость на фоне эвтрофных (реже мезотрофных) топей и мочажин эв-, мезо- и олиготрофных гряд, крупных и мелких ММ бугров пучения; наличие кроме трех доминантных синузий – травяной, сфагновой и гипновой, четвертой – кустарниковой из *Betula nana*; ориентация гряд не строго поперек поверхностному стоку, под углом и даже вдоль него, наличие гряд в виде колец и образующих сетчатые структуры. Формирование комплексов происходило в разное время и разными путями. Глубина дифференциации торфяных залежей под грядами,

мочажинами и озерками значительно варьирует от 0,1 до 1,5 м, иногда – на всю глубину залежи. В центральной части талых осоково-гипновых болот при понижении уровня болотных вод или, наоборот, при увеличении поверхностного стока обычно сразу появляются полосы с более густым покровом из осок над повышениями или изломами поверхности минерального ложа. Затем на них поселяются *Sphagnum teres*, *S. warnstorffii*, *S. squarrosum*, *S. subsecundum*, *S. obtusum*, *Andromeda polifolia*, позже другие вересковые кустарнички и *S. angustifolium*, *S. fuscum*. Также, при возрастании поверхностного стока в центральной эвтрофной части болота, от периферийных мезо- или олиготрофных участков, или от гряд, на границе с ММ буграми пучения или ММ суходолами, начинают формироваться мезо- или олиготрофные ерниково-кустарничково-сфагновые гряды. Эти гряды постепенно растут к центральной вогнутой части болота, навстречу поверхностному стоку, но по участкам с наиболее плотными залежами над повышениями или изломам поверхности минерального дна. В связи с последним, гряды приобретают сильноизвилистую форму. На более дренированных участках болот с разреженным древостоем из *Larix sibirica* и *Betula pubescens*, с богатым видовым разнообразием длиннокорневищных и плотнодерновинных осок, болотных и луговых трав, гипновых мхов или со сфагновым покровом из *Sphagnum girgensohnii*, *S. fimbriatum*, при возрастании обводненности формируются осоково-гипновые вторичные мочажины вымокания с *Carex rostrata*, *C. limosa*, *C. lasiocarpa*, *C. diandra*, а на грядах – появляются олиготрофные сфагновые мхи. Формирование ГМК и ГМОК при деградации ММ болот происходит разными путями в зависимости от их типа и характера деградации. При деградации и погружении одиночных ММ бугров в топь возникают озерки, а их основания остаются в виде кольчатых мезо- или олиготрофных ерниково-кустарничково-сфагновых гряд со *Sphagnum fuscum*, реже – *S. russowii*. При деградации крупнобугристых болот снизу или под воздействием краевой топи межбугровые понижения превращаются в гряды, образующие сетчатые структуры. А при аналогичной полной деградации бугристых ММ плато, расположенных на склонах и в ложбинах стока, обычно расчлененных на сегменты морозобойными и эрозионными процессами, в виде гряд остаются эрозионные понижения. Такие гряды ориентированы под разным углом и даже параллельно поверхностному стоку. В зависимости от исходной растительности и наличия / отсутствия торфонакопления в понижениях этих ММ болот, при их деградации на эвтрофных топях формируются разные по трофности и видовому составу гряды. Наши данные согласуются с мнением [2], что аапа болота являются обязательным атрибутом протаивающих ММ пород.

Список литературы.

1. Прейс Ю. И. Структура и динамика грядово-мочажинных болот Енисейского Запальярья (на примере долины реки Хантайки). Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Томск, 1990. 18 с.
2. Уошборн А. Л. Мир холода. М.: Прогресс, 1988. 384 с.
3. Юрковская Т. К. Структура, география и картография растительности болот европейской части СССР. Автореф. дис. ... д-ра биол. наук. Л., 1986. 40 с.

**Выбор методов автоматизированной классификации данных  
спутникового дистанционного зондирования, применимых для  
дешифрирования болот Ленинградской области**

*И. А. Флоринский*

**Selection of methods for automated classification of satellite remote  
sensing data applicable for decryption the Leningrad region mires**

*I. A. Florinskii*

Санкт-Петербургский государственный университет  
*florinskigor2003@gmail.com*

Ключевые слова: болото, автоматизированная классификация, спутниковые снимки, Ленинградская область

Key words: mire, automated classification, satellite images, Leningrad region

В настоящее время актуальным является использование современных методов при изучении различных природных сообществ. Современные технологии спутникового дистанционного зондирования предоставляют уникальные возможности для изучения болотных ландшафтов. Однако выбор методов автоматизированной классификации данных ДДЗ для дешифрирования болот остается актуальной задачей, требующей учёта специфики региона и характеристик болотных экосистем [2, 3].

В качестве исследуемого участка взято Сестрорецкое болото, располагающееся в одноимённом государственном природном заказнике регионального значения. Данный заказник является самой большой особо охраняемой природной территорией в Санкт-Петербурге. На территории данного болотного массива можно найти участки низинных, переходных и верховых болот [1].

Работа была проведена в программных продуктах QGIS версии 3.28.1 «Firenze», ArcGIS Pro 3.0.1, ENVI 5.0. Для анализа были получены с сайта европейского космического ведомства спутниковые снимки аппарата Sentinel-2, сделанные 17.06.2023. Использовались 2, 3, 4 и 8 каналы, имеющие разрешение 10 метров, а также все каналы,

предоставленные с 20-метровым разрешением (1-8, 11, 12). Так как снимки были взяты второго уровня обработки, то при их подготовке к работе не потребовалось проведение атмосферной и радиометрической коррекции.

Одним из важных факторов успешного проведения классификации является подбор правильной комбинации каналов для создания изображения, по которому будет производиться классификация. Для этого было синтезировано 3 изображения: комбинация 2-3-4-8 с разрешением 10 метров, 2-3-4-8 с разрешением 20 метров и комбинация из всех 20-метровых каналов, то есть с 1 по 8, а также 11 и 12. Все изображения были созданы в программном продукте QGIS, а затем обрезаны по векторному слою-маске на исследуемую территорию. Затем они использовались в ArcGIS Pro и ENVI в целях избегания неточности результатов сравнения.

Классификация проводилась методами Gaussian Mixture Model (QGIS), Maximum Likelihood (ArcGIS Pro, ENVI), Minimum Distance (ENVI), Mahalanobis Distance (ENVI), Spectral Angle Mapper (ENVI), Spectral Information Divergence (ENVI). В QGIS создан векторный полигональный слой с обучающими выборками (классами). Выделены: водные объекты, леса, минеральные острова, антропогенные объекты. Среди болотных ландшафтов выделены: низинные, переходные и верховые болота, а также топи.

Анализируя полученные изображения, можно прийти к выводу, что наиболее точными оказались методы модели Гауссовой смеси и Максимального правдоподобия, процент точности которых по всем классам болотных ландшафтов составил 74,6% и 77,3% соответственно. При данных методах наблюдается наименее сильный шумовой эффект, однако в населённых пунктах местами ложно определены низинные болота.

Таким образом, на основании проведённого сравнения результатов классификации, можно сказать, что в каждом рассматриваемом программном продукте можно производит весьма достоверные классификации. Наиболее качественные итоги в ходе данного исследования получились с использованием комбинации 2-3-4-8 (с пространственным разрешением 10 м), и методов Gaussian Mixture Model и Maximum Likelihood. Однако, стоит учесть, что данные методы могут быть не универсальными и важно учитывать необходимость контроля проведения классификации.

#### Список литературы

1. Волкова Е. А., Исаченко Г. А., Резников А. И., Храмцов В. Н. Особо охраняемые природные территории в системе ландшафтов Санкт-Петербурга // Известия РГО. 2017. Т. 149. Вып. 3. С. 52-72.

2. Дюкарев Е. А., Пологова Н. Н., Головацкая Е. А. Технологии дистанционного зондирования для установления структуры лесоболотных комплексов ключевого участка «Бакчарский» // Журнал Сибирского федерального университета. Техника и технологии. 2008. № 4. С. 334-345.
3. Новохатин В. В., Казаков А. А. Использование данных дистанционного зондирования Земли в оценке процесса вторичного заболачивания осушенных болот Западной Сибири // Вестник Тюменского государственного университета. 2012. № 7. С. 167-163.

### **Минеротрофные болота Двинского залива Белого моря**

*Е. Ю. Чуракова<sup>1,\*</sup>, М. А. Смирнова<sup>2</sup>, П. Д. Бурчаловская<sup>3</sup>*

### **Fens of the Dvina Bay coast (White Sea)**

*E. Yu. Churakova<sup>1,\*</sup>, M. A. Smirnova<sup>2</sup>, P. D. Burchalovskaya<sup>3</sup>*

<sup>1</sup>Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики  
имени академика Н.П. Лаверова УрО РАН

<sup>2</sup>Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН

<sup>3</sup>ФГБУ «Национальный парк Кенозерский»

*\*alex0000001@yandex.ru*

Ключевые слова: *Архангельская область, травяные и травяно-сфагновые болота, растительность.*

Key words: *Arkhangelsk region, herb fens, vegetation.*

В юго-восточной части Прибеломорья, в районе Двинского залива Белого моря территории приморских равнин сильно заболочены. Здесь наряду с преобладающими по площади, верховыми болотами южноприбеломорского и приморского типов, встречаются массивы минеротрофных болот, которые расположены в понижениях между древних береговых валов на самых нижних морских террасах. Благодаря чередованию полос лесной и болотной растительности, почти параллельных береговой линии, они хорошо заметны на космоснимках, тем не менее, сведений об их растительном покрове пока не много [4]. Причиной формирования специфического рельефа было понижение уровня Белого моря в голоценовом периоде. Оно сопровождалось аккумуляцией песчаных наносов в виде кос и перейм, в тыловых частях которых образовывались лагуны. В современном рельефе на месте лагун располагаются болотные массивы, а на месте кос — песчаные валы, занятые сосновыми лесами [2, 3]. Подобные экотопы не уникальны, они описаны, например, для прибрежных районов Балтийского моря [5, 6].

В 2023–24 гг. в ходе полевых исследований брфофлоры национального парка «Онежское Поморье» мы дополнили сведения о болотах в устье Унской губы в западной части Двинского залива [4], а кроме того, обследовали участки подобных болот на о. Мудьюгский, который расположен в его восточной части.

На о. Мудьюгский и западнее устья залива Унская губа, экотопы с сериями береговых валов и заболоченных ложбин занимают площади около 1400–1500 га, восточнее устья Унской губы — около 600 га. Соотношение лесных и болотных участков, а также конфигурация заболоченных ложбин на этих территориях разнятся, но опираясь на работу Е. А. Галкиной [2], в которой болотные мезоландшафты типизированы по форме болотной впадины, описываемые нами болота можно отнести, к классам сточных или проточных логов и логовидных котловин. Рельеф ложбин осложнен общим уклоном поверхности террас к морю, а также тем, что склоны древних валов имеют разную крутизну в зависимости от ориентации по сторонам света. На изученных участках они более пологи с северной или северо-восточной стороны. Поэтому зона более интенсивного стока в логах, как правило «прижата» к борту южной или юго-западной экспозиции.

Степень обособленности болотных массивов зависит от расстояния до авантюны. По мере удаления от нее можно наблюдать переход от отдельных понижений, занятых травяными и травяно-сфагновыми болотами к сложным образованиям из сливающихся болотных урочищ и далее — к болотным системам с многочисленными минеральными островами. Образование систем сопровождается заболачиванием сосняков на вершинах минеральных гряд, которые становятся «ядрами» роста иногда многочисленных верховых массивов, как бы наплывающих на осоковые топи. Это происходит, как правило от борта северной или северо-восточной экспозиции. По мере разрастания верховых массивов они сливаются и более или менее «подпирают» сток болотных вод. В результате образуются водотоки с выраженным руслом, либо обводненные проточные топи (иногда с грядово-мочажинным микрорельефом), которые огибают их с севера или северо-востока. Также, возможно, происходит частичная деградация самих верховиков из-за подтопления. В районе Унской губы в состав систем помимо минеротрофных и верховых приморских болот входят болота южноприбеломорского типа, которые расположены на более высоких террасах и приморские тростниковые болота, а на о. Мудьюгский — приморские тростниковые болота и лесные топи.

Видовой состав растений минеротрофных болот, а также значительные перепады уровня болотных вод в зависимости от сезона и количества осадков свидетельствуют о том, что питание данных массивов в основном происходит за счет стока с прилегающих суходолов

(солигенный тип питания). В их центральных частях чаще всего доминируют *Carex lasiocarpa*, *C. limosa*, *C. chordorrhiza*, *Equisetum fluviatile*, *Menyanthes trifoliata*, характерны *Andromeda polyfolia*, *Lysimachia thyrsiflora*, *Pedicularis palustris*, *Rumex acetosa* var. *fontano-paludosus*. Напочвенный покров может отсутствовать, или в нем более или менее обильны *Utricularia intermedia* и сфагновые мхи секции *Subsecunda*. На обводненных участках у подножия береговых валов встречается *Sphagnum riparium*, а на менее обводненных — *S. warnstorffii*. Зеленые мхи, характерные для минеротрофных болот в этих осоковых топях практически не представлены, в заметном количестве встречается только *Sarmentypnum exannulatum*.

В переходной полосе между массивами минеротрофных и верховых болот появляются рыхлые осоково-сфагновые подушки и ковры, а также озерки и водотоки с зарослями *Nymphaea* sp., *Potamogeton* ssp., *Utricularia vulgaris*. На положительных формах рельефа среди описанных выше топей доминирует *Sphagnum papillosum*, а в верхнем ярусе обильны *Menyanthes trifoliata*, *Rhynchospora alba*, *Trichophorum alpinum*. В травяных топях и по границе топей микроповышений отмечены редкие для региона: *Rhynchospora fusca*, *Juncus stygius*, *Utricularia minor*, *Sphagnum contortum*, *S. inundatum*, *S. platyphyllum*, *S. subfulvum*.

Общие черты обследованных минеротрофных болот это: сильные перепады уровня болотных вод в осоковых топях в течение вегетационного сезона (вплоть до полного высыхания); преобладание в составе болотной растительности микроландшафтов травяного (с доминированием *Carex lasiocarpa*) и гидрофильно-мохового (сфагнового) типа; высокое разнообразие сфагновых мхов и низкое «гипновых»; заметное участие в растительном покрове некоторых гипоарктических и субатлантических видов. Считаем, что данные болотные массивы и системы с их участием заслуживают детального исследования. Оно может касаться не только истории формирования массивов и систем, особенностей их биоразнообразия, но и процессов, которые обусловлены климатическими изменениями или хозяйственной деятельностью.

Работа Чураковой Е. Ю. выполнена за счет средств темы ФНИР (FUUW-2025-0009), Смирновой М. А. — гос. задания ФГБУН Ботанического института РАН № 121032500047-1, Бурчаловской П. Д. — бюджетных средств ФГБУ «НП «Кенозерский».

#### Список литературы.

1. Галкина Е. А. Болотные ландшафты Карелии и принципы их классификации // Торфяные болота Карелии / Труды Карельского филиала АН СССР. 1959. Вып. 15. С. 3–48.
2. Зарецкая Н. Е. Голоценовая история дельты р. Северной Двины // Геоморфология. 2018. № 1. С. 3–17.



3. Репкина Т. Ю., Романенко Ф. А., Лудикова А. В., Зарецкая Н. Е. Северо-западные берега Онежского полуострова Белого моря в голоцене: условия развития, динамика, хронология // Известия РАН. Сер. геогр. 2020. Т. 84. № 6. С. 888–904. doi: 10.31857/S2587556620060096
4. Смирнова М. А., Дровнина С. И., Петрова Н. В. Приморская болотная растительность национального парка «Онежское Поморье» (Белое море, Архангельская область) // Труды КарНЦ РАН. Сер. Экологические исследования. 2023. Т. 8. С. 41–47. doi: 10.17076/eco1833
5. Masing V., Botch M., Läänelaid A. Mires of the former Soviet Union // Wetlands Ecol Manage. 2010. Vol. 18. P. 397–433. doi: 10.1007/s11273-008-9130-6
6. Wołejko L., Herbichowa M., Potocka J. Typological differentiation and status of Natura 2000 mire habitats in Poland // Stapfia. 2005. Vol. 85. P. 175–219.

### **Роль олиготрофных видов в индикации техногенных нарушений на болотах Среднего Приобья**

*Е. А. Шишконокова*

### **The role of oligotrophic species in indicating technogenic disturbances in the Middle Ob bogs**

*E. A. Shishkonakova*

Почвенный институт им. В. В. Докучаева  
*3005k@mail.ru*

Ключевые слова: *эвтрофикация болот, ХМАО-Югра, антропогенное воздействие.*

Key words: *eutrophication of bogs, Khanty-Mansiysk Autonomous Okrug-Yugra, anthropogenic impact.*

Процесс эвтрофикации олиготрофных болот является частым спутником техногенных воздействий в условиях месторождений Среднего Приобья (ХМАО-Югра). Это явление охватывает не только внедрение более трофных видов в болотные биогеоценозы, но также может быть оценено с помощью ряда индикаторных признаков, выявляемых для аборигенных видов.

При поступлении дополнительных элементов питания довольно быстро происходит разрастание *Betula nana*. Например, даже небольшое увеличение электропроводности болотных вод на ряме (с 0,03-0,05 мСм/см до 0,15-0,20 мСм/см) привело к значительному приросту вида в высоту в течение 7-10 лет – с 35 см в нативных условиях до 87 см. Общее усиление геохимической нагрузки и привнос минеральных частиц с промплощадок, насыпей также могут дополнительно стимулировать рост данного кустарника – высота отмеченных нами экземпляров вида,

произрастающих на болотах по границам с насыпями, составила до 142 см в подзоне северной тайги, до 165 см в подзоне средней тайги.

Среди кустарничков наибольшую устойчивость к повышению минерализации болотных вод показала *Empetrum nigrum*, сохраняющаяся и разрастающаяся по микроповышениям нарушенных засолением участков, в то время как большинство болотных кустарничков, произраставших на них, погибает. Наибольшие показатели электропроводности болотных вод, которые выдерживает данный вид, составляли до 1,43 мСм/см. К числу кустарничков, положительно реагирующих на рост минерализации болотных вод, относится и клюква. Нами были отмечены случаи разрастания и обильного плодоношения *Oxycoccus palustris* при pH 5,6-5,7 и электропроводности 0,42 мСм/см, а *Oxycoccus microcarpus* – при pH 5,6-5,7 и электропроводности 0,18 мСм/см. На рост трофности на болоте быстро реагирует *Rubus chamaemorus*. При небольших значениях электропроводности болотных вод (до 0,20 мСм/см) может наблюдаться умножение числа плодоносящих экземпляров, однако уже при повышении показателя до 1-1,5 мСм/см отмечаются некротические проявления на листьях, дефолиация. При реверсивном снижении электропроводности болотных вод происходит процесс восстановления, в ходе которого можно выделить отдельные этапы: наблюдается последовательное разрастание в сочетании с мелколистностью (0,50-0,60 мСм/см), сменяемое затем (при уменьшении электропроводности до 0,30 мСм/см) заметным увеличением площади листовых пластинок с одновременным повышением высоты вегетативных побегов до 18 см при характерных для нативных условий 5-7 см.

При небольшом притоке дополнительных минеральных элементов у ряда трав, произрастающих на олиготрофных болотах, отмечены увеличение плотности стеблестоя, обильное цветение и плодоношение, а также относительный прирост высоты растений, составивший в среднем следующие значения: *Carex pauciflora* – 39%, *Eriophorum russeolum*, *E. vaginatum* – 66%, *Scheuchzeria palustris* – 28%. При этом, *Carex pauciflora* и *Scheuchzeria palustris*, имеющие сравнительно узкие экологические диапазоны, избегают повторного поселения на сильно трансформированных нефтезагрязненных рекультивированных участках нарушенных олиготрофных болот. Оба этих вида выдерживают лишь малые и кратковременные геохимические нагрузки. Например, для *Scheuchzeria palustris* повышение электропроводности до 0,40 мСм/см привело к исчезновению вида в нарушенной мочажине.

Высота экземпляров *Eriophorum russeolum* на участках антропогенно эвтрофицированных болот составила в среднем 45 см, в отдельных трансформированных местообитаниях она может достигать 60-66 см (при референсных значениях 30 см). В то же время высокие

показатели минерализации болотных вод и содержания хлоридов в почвах, наличие битумных корок-кир приводят к угнетению этой пушицы – высота растений снижается до 18-20 см, они редко плодоносят. Тем не менее, *E. russeolum* показала себя видом, входящим в группу доминирующих на ранее рекультивированных нефтезагрязненных болотах, в том числе характеризующихся высокой степенью загрязнения нефтью и наличием умеренного солевого загрязнения. Если в первые 2-3 года после рекультивации эта пушица была отмечена на 44,6% ключевых участков, то через 15-16 лет после рекультивации данный вид был встречен на 80% участков. Поселение *E. vaginatum* в таких условиях отмечено реже: ее встречаемость в первые 2-3 года составила 17,2%, через 15-16 лет – 24%. Еще одним олиготрофным видом с широкими экологическими предпочтениями оказалась *Oxycoccus palustris*, встречаемость которой в тех же условиях возросла, соответственно, с 6,9% до 48%.

# БИОГЕОЦЕНОЛОГИЯ БОЛОТ. ВИДОВОЕ РАЗНООБРАЗИЕ МХОВ И ЛИШАЙНИКОВ НА БОЛОТАХ

Находки редких видов мохообразных на болотах Карельского  
перешейка (Санкт-Петербург и Ленинградская область)

Э. Г. Гинзбург

Records of rare species of bryophytes in the bogs of the Karelian Isthmus  
(St. Petersburg and Leningrad Region)

E. G. Ginzburg

Ботанический институт им. В. Л. Комарова РАН

elm-leu@yandex.ru

Ключевые слова: мохообразные, редкие виды, охраняемые виды, ООПТ, Карельский перешеек, Ленинградская область, Санкт-Петербург.

Key words: bryophytes, rare species, red-listed species, protected areas, Karelian Isthmus, Leningrad Region, St. Petersburg.

Исследованные территории располагаются в юго-западной и юго-восточной частях Карельского перешейка на побережье Финского залива и Ладожского озера соответственно. Большая часть приведенных видов характеризуются приокеанической тенденцией распространения и находятся в Ленинградской области на восточной границе своего ареала. Исключением является *Splachnum ampullaceum* — циркумбореальный вид, специализированный к субстратам животного происхождения и обычно встречающийся на болотах и в заболоченных лесах на экскрементах животных. По литературным данным и материалам бриологического гербария БИН РАН (LE) основная часть сборов этого вида на территории Санкт-Петербурга и Ленинградской области была сделана более 30 лет назад. Вид занесен в список охраняемых бриофитов Европы с категорией NT — находящиеся в состоянии, близком к угрожаемому [5].

Гонтовое болото расположено во Всеволожском районе Ленинградской области, в Приладожской низменности и относится к редкому в области типу аапа-болот [4]. Исследование было проведено в рамках ведения Красной книги Ленинградской области [2] и находки охраняемых видов *Sphagnum auriculatum*, *S. pulchrum*, *S. subnitens* подтвердили более ранние местонахождения этих видов на Гонтовом болоте [1, 4]. В настоящее время Гонтовое болото входит в границы планируемой ООПТ «Морье».

В окрестностях пос. Ушково (Санкт-Петербург, Курортный район) на переходном облесенном сосной болоте отмечены 2 вида

мохообразных, занесенных в Красную книгу Санкт-Петербурга [3] — *Sphagnum tenellum* и *Kurzia pauciflora*. Исследованная территория входит в границы планируемой ООПТ «Зеленогорский лес».

***Kurzia pauciflora*** (Dicks.) Grolle — г. Санкт-Петербург, Курортный р-н, 500м к С от ж/д ст. Ушково (60.22443°N, 29.62876°E), к В. от Песочной улицы, переходное облесенное сосной болото, на краю сплавины у озера (возможно, бывшие торфоразработки), среди сфагновых мхов. 11.VI.2024 Гинзбург {LE B-0028867}.

***Sphagnum auriculatum*** Schimp. — Ленинградская обл., Всеволожский р-н, Рахьинское г. п., около 9 км к С от ж/д ст. Борисова Грива (60.17452°N, 30.94584°E), Гонтовое болото, на краю обводненной мочажины. 09.VII.2024 Гинзбург {LE-B0046458}; здесь же — 60.1759°N, 30.94557°E, {LE B-0046459}.

***S. inundatum*** Russow — Ленинградская обл., Всеволожский р-н, Рахьинское г. п. около 7.5 км к С от ж/д ст. Борисова Грива (60.16416°N, 30.97684°E), Гонтовое болото, центральная часть. 09.VII.2024 Гинзбург {LE B-0046464}.

***S. pulchrum*** (Lindb. ex Braithw.) Warnst. — Ленинградская обл., Всеволожский р-н, Рахьинское г.п., около 7 км к С от ж/д ст. Борисова Грива (60.16421°N, 30.97821°E), Гонтовое болото, центральная часть. 09.VII.2024 Гинзбург {LE B-0046574}.

***S. subnitens*** Russow & Warnst. — Ленинградская обл., Всеволожский р-н, Рахьинское г. п., около 8 км к С от ж/д ст. Борисова Грива (60.16407°N, 30.98081°E), Гонтовое болото, центральная часть, на краю мочажины. 09.VII.2024 Гинзбург {LE B-0046578}.

***S. tenellum*** (Brid.) Pers. ex Brid. — г. Санкт-Петербург, Курортный р-н, 500м к С от ж/д ст. Ушково (60.22443°N, 29.62876°E), к В. от Песочной улицы, переходное облесенное сосной болото. 11.VI.2024 Гинзбург {LE B-00465575}.

***Splachnum ampullaceum*** Hedw. — Ленинградская обл., Всеволожский р-н, Рахьинское г. п., около 7 км к С от ж/д ст. Борисова Грива (60.15081°N, 30.9563°E), окраина Гонтового болота, березово-сосновый тростниково-осоково-сфагновый лес, на перепревшем помете. 09.VII.2024 Гинзбург {LE B-0046478}; здесь же — 60.15112°N, 30.95879°E, сфагновый березово-сосновый лес {LE B-0046479}; 60.15352°N, 30.96687°E сосново-березовый сфагново-зеленомошный лес {LE B-0046479}.

#### Список литературы

1. Дорошина Г. Я., Курбатова Л. Е., Носкова М. Г. Дополнения и изменения списка охраняемых видов Ленинградской области. Мхи (*Bryophyta*) // Новости систематики низших растений. 2016. Т. 50. С. 268–283.
2. Красная книга Ленинградской области: Объекты растительного мира. СПб, 2018. 848 с.

3. Красная книга Санкт-Петербурга. СПб, 2018. 568 с.
4. Очерки растительности особо охраняемых природных территорий Ленинградской области // Труды Ботанического института им. В. Л. Комарова РАН. Вып. 5. 1992. С. 88-91.
5. Hodgetts N. et all. A miniature world in decline: European Red List of Mosses, Liverworts and Hornworts. Brussels, 2019. 87 p. doi: 10.2305/IUCN.CH.2019.ERL.2.en

**Таксономический состав и антифунгальная активность  
стрептомицетов из микролокусов, ассоциированных с растениями  
эвтрофного болота**

*А. В. Головченко\*, Т. А. Грачёва, Е. Д. Фёдорова*

**Taxonomic composition and antifungal activity of Streptomyces  
isolated from microloci associated with plants of mire**

*A. V. Golovchenko\*, T. A. Gracheva, E. D. Fedorova*

МГУ имени М. В. Ломоносова

\*golovchenko.alla@gmail.com

Ключевые слова: *эвтрофное болото, растения, торф, актиномицеты, таксономический состав, антифунгальная активность*

Key words: *mire, plants, peat, actinomycetes, taxonomic composition, antifungal activity*

Оценка перспективности природных локусов, связанных с растениями, с точки зрения выделения штаммов актиномицетов с высоким антагонистическим потенциалом для борьбы с фитопатогенными микроорганизмами не теряет своей актуальности.

Объектами исследования были 6 растений: белокрыльник болотный (*Calla palūstris* L.), таволга вязолистная (*Filipendula ulmaria* (L.) Maxim.), осока дернистая (*Carex cespitosa* L.), крапива двудомная (*Urtica dioica* L.), кочедыжник женский (*Athyrium filix-femina* (L.) Roth ex Mert.), камыш лесной (*Scirpus sylvaticus* L.), отобранные осенью 2023 года на эвтрофном болоте покрытым черноольшаником таволговым (Тверская область, 56°11'29" с. ш. 32°14'96" в. д., пробная площадь Западновинского лесоболотного стационара ИЛАН РАН). Анализировали вегетативные органы растений (листья, стебли, корни) и торф под растениями. Листья и стебли представляли собой филлоплану, поверхность корней – ризоплану, торф под растениями – ризосферу. Торф под растениями – сильно разложившийся, высокозольный, слабокислый древесный

низинный, содержание общего углерода – 44-46%, азота – 2%, серы 0.3-0.4%. Процедура выделения из растительных и торфяных субстратов и идентификация актиномицетов до рода *Streptomyces* приведена в [2]. Видовую принадлежность стрептомицетов определяли с помощью диагностических сред в соответствии с ключом определителя [1]. Антагонистическую активность стрептомицетов выявляли методом блоков [3]. В качестве тест-культур использовали фитопатогенные грибы: *Alternaria alternata* (ВКМ F-3047); *Botrytis cinerea* (ВКМ F-3850); *Fusarium graminearum* (ВКМ F-1668); *Fusarium oxysporum* (ВКМ F-2313) и *Sclerotinia sclerotiorum* (ВКМ F-1195), которые вызывают различные заболевания сельскохозяйственных растений.

Из растительных и торфяных субстратов было выделено 65 штаммов актиномицетов, большинство из которых (62 штамма) были идентифицированы до рода *Streptomyces*. Представители рода *Streptomyces* были отнесены к 27 видам из 4 секций и 7 серий. Из филлопланы исследуемых растений удалось выделить 13 видов стрептомицетов, из ризопланы – 8 видов, из ризосферы – 14 видов. Спектры стрептомицетов из микролокусов отдельных растений включали от 4 до 13 видов. Видовое богатство было наибольшим в микролокусах таволги (13 видов), меньшим – в микролокусах крапивы, папоротника, камыша (8, 7, 6 видов соответственно) и минимальным – в микролокусах осоки и белокрыльника (по 4 вида соответственно) (табл.).

Таблица. Видовые спектры стрептомицетов, выделенных из микролокусов отдельных растений

Растение/ Микролокус	Таволга	Белокрыльник	Крапива	Папоротник	Осока	Камыш
<b>Филлоплана</b>	<i>S. antibioticus</i> <i>S. catenulae</i> <i>S. filamentosus</i> <i>S. hydrogenans</i> <i>S. vridogenes</i>	<i>S. alboniger</i>	<i>S. alboniger</i> <i>S. clavuligerus</i> <i>S. griseolabus</i> <i>S. nigrifaciens</i> <i>S. zaomyceticus</i>	<i>S. vridogenes</i> <i>S. wedmorensis</i>	<i>S. alboflavus</i>	<i>S. varsoviensis</i>
количество видов	5	1	5	2	1	1
<b>Ризоплана</b>	<i>S. alboniger</i> <i>S. gardeneri</i>	<i>S. filamentosus</i>	<i>S. alboniger</i>	<i>S. alboniger</i> <i>S. filamentosus</i>	<i>S. griseolabus</i>	<i>S. bikiniensis</i> <i>S. griseolus</i> <i>S. xantocidicus</i>
количество видов	2	1	1	2	1	3
<b>Ризосфера</b>	<i>S. bikiniensis</i> <i>S. fumosus</i> <i>S. griseolus</i> <i>S. lavendulae</i> <i>S. longisporus</i> <i>S. oligocarophilus</i>	<i>S. alboniger</i> <i>S. narbonensis</i> <i>S. roseus</i>	<i>S. alborubidus</i> <i>S. albovinaceus</i> <i>S. candidus</i>	<i>S. albolongus</i> <i>S. griseolus</i> <i>S. lavendulae</i>	<i>S. albolongus</i> <i>S. gardeneri</i>	<i>S. albolongus</i> <i>S. lavendulae</i>
количество видов	6	3	3	3	2	2
Общее количество	13	4	8	7	4	6

Для выявления антифунгальной активности стрептомицетов было проверено 120 сочетаний стрептомицеты-грибы, из них результативными (с формированием зон ингибирования фитопатогенных грибов) оказались

62% сочетаний. Из фитопатогенных грибов, стрептомицеты активно подавляли рост *Alternaria alternata* (92% коллекции), в меньшей степени – *Sclerotinia sclerotiorum* и *Botrytis cinerea* (71 и 67% соответственно) и минимально – представителей рода *Fusarium* (42%). Ингибировали рост всех фитопатогенных грибов стрептомицеты видов *S. vridogenes*, *S. nigrifaciens* и *S. alborubidus*, ингибировали рост 4-х грибов из 5 – *S. filamentosus*, *S. bikiniensis*, *S. fumosus*, *S. candidus*, *S. hydrogenans*. Из восьми активных культур стрептомицетов пять были выделены из микролокусов таволги вязолистной и три – из микролокусов крапивы двудомной.

#### Список литературы.

1. Гаузе Г. Ф., Преображенская Т. П., Свешникова М. А., Терехова Л. П., Максимова Т. С. Определитель актиномицетов. М.: Наука, 1983. 247 с.
2. Зенова Г. М., Кураков А. В. Методы определения структуры комплексов почвенных актиномицетов и грибов. М.: Изд-во Московского университета, 1988. 54 с.
3. Лысак Л. В., Лихачева А. А., Алферова И. В. Методы выделения и изучения почвенных актиномицетов, продуцентов антибиотиков. М.: Макс Пресс, 2005. 80 с.

### **Лишайники верхового болота международного полевого стационара Мухрино (средняя тайга, Западная Сибирь)**

*А. И. Мингалимова<sup>1, 2, \*</sup>, И. Н. Урбанавичене<sup>2</sup>*

### **Lichens of the raised bog of the International Mukhrino Field Station (middle taiga, Western Siberia)**

*A. I. Mingalimova<sup>1, 2, \*</sup>, I. N. Urbanavichene<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Югорский Государственный Университет

<sup>2</sup>Ботанический институт им. В. Л. Комарова РАН

<sup>\*</sup>*ksanne-86@mail.ru*

Ключевые слова: биоразнообразие, лишайники, верховое болото, средняя тайга, Западная Сибирь.

Key words: biodiversity, lichens, ombrotrophic raised bog, middle taiga, Western Siberia.

Зональная растительность в районе стационара «Мухрино», расположенного на второй надпойменной террасе Иртыша в 25 км к юго-западу от г. Ханты-Мансийска, типична для средней тайги Западной



Сибири и представлена темнохвойными (*Pinus sibirica*, *Picea obovata*, *Abies sibirica*) и смешанными лесами, находящимися на разных стадиях послепожарного восстановления с участием или доминированием березы и осины (*Betula pubescens*, *Populus tremula*). Торфяные болота и заболоченные леса занимают около 50% площади, с долей мезотрофных болот менее 3% [1]. Территория стационара «Мухрино» включает олиготрофное верховое сфагновое болото, расположенное на локальном водоразделе двух рек – Мухрина и Большая речка, впадающих в протоки Байбалаковскую (пойма Иртыша) и Ендырскую (пойма Оби) [2]. С юга болотный массив ограничивает полоса минеральных островов со смешанным лесом. Протяженность болотного массива с запада на восток составляет 4.5 км; с юга на север – около 13 км. Общая площадь составляет примерно 50 км<sup>2</sup> [3].

Лишайники, хотя и не являются доминирующими видами растительных сообществ верховых сфагновых болот в среднетаежной подзоне Западной Сибири, тем не менее, привлекают внимание исследователей, особенно в последние десятилетия [2, 4, 5, 6].

В июле-августе 2022 г. при обследовании болотного массива «Мухрино» А. И. Мингалимовой было собрано около 700 образцов лишайников. При сборах лишайников был тщательно обследован напочвенный покров, стволы и ветви деревьев, кустарнички, растительный опад, а также разрушающиеся дерновины зеленых и сфагновых мхов. По результатам идентификации 640 образцов составлен предварительный список из 72 видов представителей Ascomycota и Basidiomycota. Таким образом, ранее опубликованный список напочвенных лишайников болота «Мухрино», включавший 19 видов из рода *Cladonia* [2], дополнен 53 видами других эколого-субстратных групп.

На высоких кочках сосново-кустарничково-сфагновых сообществ у оснований стволов деревьев и древесине старых пней наиболее частыми видами в сборах (с числом регистраций около 20-30), оказались *Cladonia botrytes*, *C. cenotea*, *C. digitata* и *C. macilenta*, ранее указанные в работе [2]. Эпифитные макролишайники в основном включают виды из родов *Bryoria*, *Hypogymnia*, *Imshaugia*, *Melanohalea*, *Parmelia*, *Parmeliopsis*, *Usnea*. В сборах со стволов и веточек сухостойных деревьев определены виды микролишайников *Lecanora symmicta*, *L. pulicaris*, *Micarea misella*, *Mycoblastus sanguinarius*, *Rusnora sorophora* и другие.

Наиболее интересные находки для района исследований – виды лишайников с дерновин отмирающих сфагновых мхов: *Placyntheilla uliginosa* (пропускаемый и редко собираемый на болотах микролишайник), и два вида из рода *Absconditella* (ранее не указанные для территории Ханты-Мансийского автономного округа – Югры и Западной Сибири в целом). На разлагающихся остатках мохообразных, вересковых

кустарничков и осок, собран образец очень редко приводимого для Западной Сибири вида *Lichenomphalia umbellifera*.

Список литературы.

1. Kupriianova I. V., Kaverin A. A., Filippov I. V., Piyasov D. V., Lapshina E. D., Logunova E. V., Kulyabin M. F. The main physical and geographical characteristics of the Mukhrino field station area and its surroundings // Environmental dynamics and global climate change. 2022. V. 13. №. 4. P. 215–252. doi: 10.18822/edgcc240049
2. Лапшина Е. Д., Конева В. А. Видовое разнообразие напочвенных лишайников в растительном покрове верховых болот левобережных террас нижнего Иртыша // Динамика окружающей среды и глобальные изменения климата. 2010. Т. 1. № 1. С. 92–97.
3. Заров Е. А. Виды торфа верховых болот и их физико-химические свойства (на примере болотного массива Мухрино, ХМАО-Югра) // Сборник тезисов I региональной молодежной конференции им. В.И. Шпильмана «Проблемы рационального природопользования и история геологического поиска в Западной Сибири» (25-26 марта 2013 года). Ханты-Мансийск. 2013. С. 118–121.
4. Толпышева Т. Ю. Лишайники западносибирских болот // Болота и заболоченные леса в свете задач устойчивого природопользования. Материалы конференции. М. 1999. С. 145–147.
5. Толпышева Т. Ю., Шишконокова Е. А. Лишайники естественных и нарушенных олиготрофных болот Саяно-Алтайского нефтяного месторождения // Бюл. МОИП. Отд. биол. 2023. Вып. 4. С. 59–75.
6. Толпышева Т. Ю., Шишконокова Е. А., Аветов Н. А. Эпигейные лишайники болот природного парка «Нумто» (ХМАО-ЮГРА) // Современная микология в России. 2015. Т. 4. С. 358–360.

# ГИДРОЛОГИЯ БОЛОТ

## **Анализ и прогноз испарения на верховых болотах Северо-Запада России**

*А. Д. Журавлева\*, Т. В. Скороспехова*

## **Analysis and forecast of evaporation in the upland peatlands of the North-West of Russia**

*A. D. Zhuravleva\*, T. V. Skorospelkova*

ФГБУ Государственный гидрологический институт

*\*a.d.zhuravleva@gmail.com*

Ключевые слова: *климатические изменения, болотный массив, испарение с болот, прогноз испарения.*

Key words: *climatic changes, peatland, evapotranspiration from peatlands, evaporation forecast.*

Испарение, состоящее из процессов поверхностного испарения и транспирации растений, является ключевым компонентом водного баланса в наземных экосистемах и доминирующим механизмом потери воды для верховых болот [2]. Эти процессы, выступающие в качестве связующего звена между водным, энергетическим и углеродным циклами, в значительной степени подвержены изменениям климата. Современные климатические процессы характеризуются глобальным потеплением и неравномерными гидрологическими изменениями в пространстве [3]. Актуальным вопросом является исследования реакции эвапотранспирации на торфяных болотах с различным составом растительности на изменения климата. Процесс испарения на болотах определяется составом растительности, характером микрорельефа, положением уровня болотных вод, элементами радиационного и теплового баланса (приходящая солнечная радиация, скорость ветра, турбулентные потоки, влажность воздуха и др.). Однако, степень вклада этих факторов изучена не полностью. В данной работе мы рассмотрели взаимосвязь испарения с уровнями болотных вод за вегетационный период на репрезентативном для Северо-Запада России верховом болоте Ламмин-Суо, а также произвели расчет прогнозных значений испарения на период до 2100 года.

Наблюдения за испарением на болоте Ламмин-Суо проводятся с начала основания станции (1950 г.), с 1956 года на болоте начали проводиться наблюдения за испарением методом весовых испарителей ГГИ-Б-1000. Не смотря на ранние исследования [1], показывающие выраженное снижение испарения с падением уровня болотных вод, анализ корреляционной связи значений испарения и уровней болотных

вод на сфагново-кустарничково-пушицевом облесенном сосной микроландшафте за 1956-2023 гг. показал отрицательную взаимосвязь (рис.).

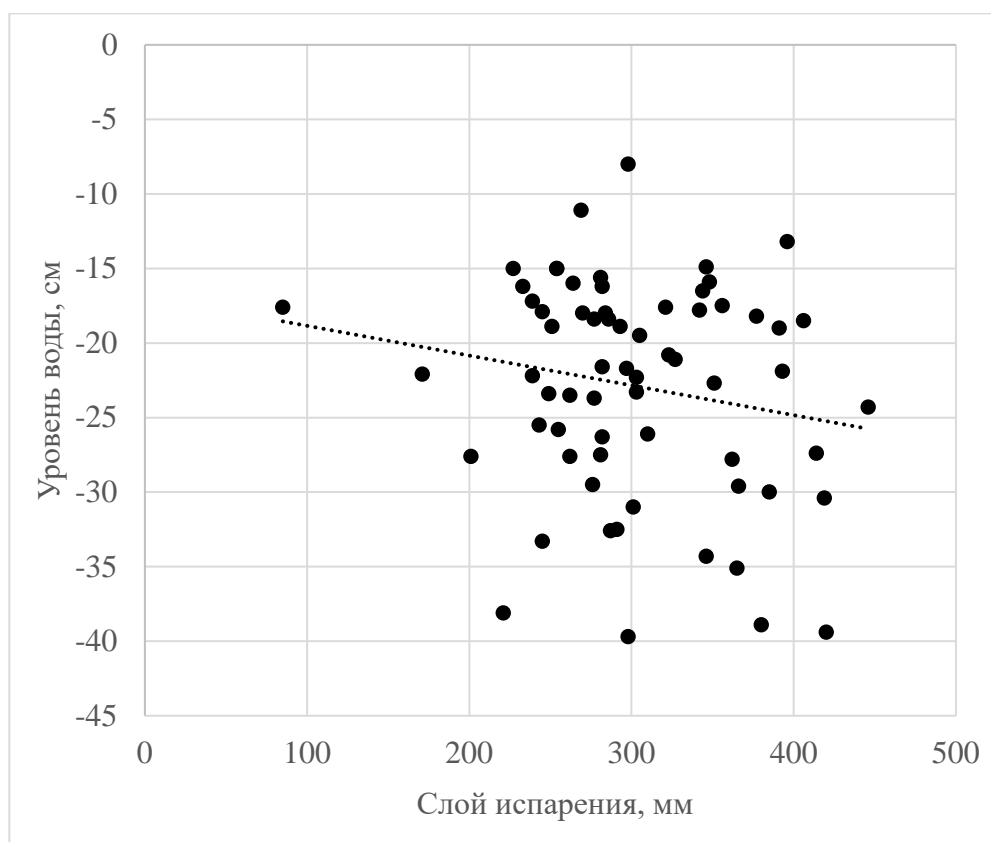


Рисунок. Корреляционная связь испарения с уровнями болотных вод за вегетационный период на сфагново-кустарничково-пушицевом микроландшафте

Прогноз испарения производился в двух вариантах: по трендам изменения слоев испарения за последний квазистационарный период и по медианному значению 17 климатических моделей проекта СМIP6. Для определения значений слоев испарения по трендам были проанализированы данные по месячным слоям испарения, наблюдавшиеся с 2006 по 2023 год на болоте Ламмин-Суо. Анализ показал, что испарение в разные месяцы вегетационного периода имеет разную направленность в трендах, в мае и октябре наблюдается тренд на увеличение испарения, в остальные месяцы (июнь-сентябрь), наоборот, испарение уменьшается. Оценка значений испарения по 17 климатическим моделям проекта СМIP6 показала увеличение испарения во все месяцы вегетационного периода (табл.).

Полученные оценки испарения использовались для моделирования стока воды с болота Ламмин-Суо, которое показало, что суммарный сток воды с данного массива на период 2081-2100 гг. существенно увеличится при любом климатическом сценарии (на 35% при использовании

сценария SSP2-4.5 и на 54% при использовании сценария SSP5-8.5). Для прогнозируемых расходов воды и уровней болотных вод важную роль играют методы расчета испарения и выбор базового периода. В зависимости от выбора метода расчета испарения результаты моделирования стока могут различаться на 10-15 %.

Таблица. Оценка будущего среднемесячного испарения (мм) на болоте Ламмин-Суо в период с 2081 по 2100 г.

Вариант расчета испарения	май	июнь	июль	август	сентябрь	октябрь
Базовый период (2006-2023 гг.)	2,4	2,4	2,3	2,1	1,1	0,5
Оценка испарения по трендам за базовый период	3,4	1,0	1,5	1,8	0,75	0,7
Оценка испарения на основе климатического моделирования	2,7	2,6	2,6	2,2	1,2	0,6

#### Список литературы.

1. Иванов К. Е. Водообмен в болотных ландшафтах. Ленинград: Гидрометеиздат, 1975. 280 с.
2. Moore P. A., Pypker T. G., Waddington J. M. Effect of long-term water table manipulation on peatland evapotranspiration // *Agricultural and Forest Meteorology*. 2013. V. 178–179. P. 106-119.
3. IPCC: Summary for Policymakers // *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge: Cambridge University Press, 2021 P. 3–32. doi:10.1017/9781009157896.001.

### **Методика определения эмиссии парниковых газов на олиготрофном болоте**

*И. Л. Калюжный*

### **Methodology for determining greenhouse gas emissions in ombrotrophic mire**

*I. L. Kalyuzhny*

Государственный гидрологический институт

*hfl@mail.ru*

Ключевые слова: *методика, эмиссия, двуокись углерода, метан, олиготрофное болото*

Keywords: *methodology, emission, carbon dioxide, methane, ombrotrophic mire*

Болота являются значимым источником эмиссии двуокиси углерода ( $\text{CO}_2$ ) и метана ( $\text{CH}_4$ ) в атмосферу Земли. Характерной особенностью болот является не замкнутость круговоротов органического вещества, что обуславливает накоплением его в торфяной залежи. Процесс сопровождается образованием парниковых газов и последующим поступлением их в атмосферу. С целью оценки влияния гидрометеорологического режима на этот процесс, были проведены исследования на олиготрофном болоте Ламмин-Суо, приуроченного к провинции средней тайги и выпуклых болот юго-восточной Финляндии и Карельского перешейка.

Определение  $\text{CO}_2$  и  $\text{CH}_4$  производилось камерным методом. Камеры представляет собой алюминиевые цилиндрические емкости 20–30 дм<sup>3</sup> с площадью основания 0,122 м<sup>2</sup>, снабженные штуцером для подключения газоанализатора. Нижний срез камеры заточен под углом 45° для облегченного проникновения в залежь. На внешнюю поверхность камеры нанесены кольцевые метки, соответствующие накопительной емкости в 10, 13, 15 и 20 дм<sup>3</sup>. Камеру устанавливают на поверхность почвы и ножом делают кольцевой разрез на глубину 12–15 см. На заданной глубине разреза устанавливают три колышка, на выступ которых опирается нижний срез камеры. В оборудованной точке возможно производить неоднократные наблюдения за эмиссией  $\text{CO}_2$ . Учитывая, что поверхность болота представляет собой непрерывное поле высот, камеры устанавливают с учетом их положения в зоне развития микрорельефа относительно уровня болотных вод (аналогично методике привязки, изложенной в Наставлении болотным станциям и постам, 1972, 1990). Опыты проводятся отдельными сериями по 6-и камер в каждой. Экспозиция каждой камеры составляла 20–30 мин., интервал определения между смежными измерениями до 5-и мин. Отбор пробы воздуха и определения концентрации  $\text{CO}_2$ , производилось газоанализатором ПГА-1. Предел допустимой основной приведенной погрешности его составляет не более 5%.

Эмиссия (ЭМ) парникового газа ( $\text{CO}_2$  или  $\text{CH}_4$ ), в мг/м<sup>2</sup> мин., рассчитывается по формуле  $\text{ЭМ} = (C_2 - C_1) V / Ft$ , где  $C_2$  и  $C_1$  – начальная и конечная концентрация газа внутри камеры, мг С/м<sup>3</sup>;  $V$  и  $F$  – соответственно, объем (в м<sup>3</sup>) и площадь поперечного сечения камеры (м<sup>2</sup>);  $t$  – время экспозиции, мин.

Для оценки величины фотосинтеза болотной растительности (ФАР) применяли камеру иной конструкции, проницаемую и не проницаемую для света. Камера состоит из двух, соединяемых между собой, частей: погружаемого стального её основания и изготовленной из органического стекла, прозрачной для ФАР, накопительной емкости, с откидной крышкой. В процессе опыта разъёмные части соединяются между собой силиконовыми прокладками и прижимаются струбцинами. Внутри

камеры расположен малогабаритный вентилятор и штуцер для присоединения её к вакуумному пробоотборнику, емкостью 0,3-1,0 дм<sup>3</sup> или газоанализатор. Объем рабочей части камеры равен 0,0228 м<sup>3</sup> при площади поперечного сечения 0,0912 м<sup>2</sup>. Высота камеры -0,25 м. Погружную часть камеры устанавливают на поверхность болота, прорезают замкнутую щель и погружают в торф на глубину 10-12 см. Устанавливают на погружную часть накопительную емкость и при открытой крышке, включают вентилятор. Определяют начальную концентрацию газа. Спустя 5-6 минут закрывают крышку. Время экспозиции 15-20 мин. По её окончании подключают вакуумированный пробоотборник или газоанализатор, определяют конечную концентрацию. Для предотвращения фотосинтеза камеру накрывают светонепроницаемым чехлом и далее, аналогично изложенному выше, определяют поток двуокиси углерода. Таким образом, определение CO<sub>2</sub> производится в двух вариантах: на свету и в темноте. На свету происходит процесс фотосинтеза, идущий с поглощением CO<sub>2</sub>. Во втором случае получаем величину потока валового дыхания. Отсюда определяем поток чистого газа (NF), представляющего собой разницу между валовым дыханием (ER) и фотосинтезом.

Измерение потока CH<sub>4</sub> осуществляется в той же последовательности, что и при определении CO<sub>2</sub>. Концентрацию CH<sub>4</sub> в камере определяют газоанализатором либо отбирая шприцом воздух и с последующим определением её в лаборатории. Выход метана в атмосферу из болота осуществляется диффузионным путем через поверхность почвы и посредством пузырькового транспорта. В последнем случае скорость эмиссии на 1-2 порядка превышает фоновую. Для учета вклада пузырькового переноса применяют следующий прием:

- при открытой верхней крышки включают вентилятор на 5 минут, проветривают камеру и не закрывая её отбирают фоновую пробу;
- закрывают крышку и через каждые 5 минут отбирают шприцом пробы объемом 20 см<sup>3</sup> для определения концентрации CH<sub>4</sub> посредством газоанализатора.

Если произошел пузырьковый выброс в одной из отобранных проб, то его легко учесть, зная объем выброса и оценив их количество за единицу времени. Двуокись углерода образуется в ненасыщенной водой среде, выше уровня болотных вод, и, поэтому, не образует пузырьков.

**Исследование гидрологических параметров Иласского болотного массива с использованием изотопных индикаторов**

*М. А. Лизунова<sup>1,2,\*</sup>, Е. Ю. Яковлев<sup>1</sup>, С. Б. Селянина<sup>1</sup>,  
А. В. Чупаков<sup>1</sup>, И. В. Токарев<sup>1</sup>*

**Study of hydrological parameters of the Ilassky bog massif  
using isotope indicators**

*M. A. Lizunova<sup>1,2,\*</sup>, E. Yu. Yakovlev<sup>1</sup>, S. B. Selyanina<sup>1</sup>,  
A. V. Chupakov<sup>1</sup>, I. V. Tokarev<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>ФГБУН Федеральный исследовательский центр комплексного изучения  
Арктики имени академика Н.П. Лаверова УрО РАН

<sup>2</sup>ГБУК АО «Архангельский краеведческий музей»

*\*marigeo17@rambler.ru*

Ключевые слова: *болотные экосистемы, водный обмен верховых болот, изотопная гидрология, стабильные изотопы  $\delta^2H$  и  $\delta^{18}O$ .*

Key words: *bog ecosystems, water exchange of upland bogs, isotope hydrology, stable isotopes  $\delta^2H$  и  $\delta^{18}O$ .*

Исследование гидрологических параметров Иласского болотного массива впервые дополнено методом изотопных индикаторов, успешно применяющемся в гидрологии, в т. ч. при изучении болот [1, 3, 4].

Объект исследования – Иласский болотный массив – расположен в Приморском районе Архангельской области, в заболоченной части зоны таежных лесов на водоразделе рек Брусовица, Шухта и Бабья (часть бассейна Северной Двины). Общая площадь – 89 км<sup>2</sup> (длина – 17 км, ширина – 3,8 км) [3]. Он типичен для региона, относится к южноприбеломорскому типу. Здесь ведутся многолетние гидрометеорологические наблюдения. Возраст торфяника в центральной части – 10-11 тыс. лет [6]. Достаточно подробно изучены [1, 4, 6] зависимости элементов водного баланса от географического, геоклиматического, антропогенного факторов, тогда как гидрологический фактор, как значимый для функционирования болот, требует более детального изучения.

Ландшафт массива хорошо дифференцируется на участки: трансгрессионная окраина, краевой склон с системой гряд, мочажин и озерков, центральное плато с развитым грядово-мочажинным комплексом. Часть массива трансформирована в результате деятельности человека – к ней относятся автономные осушенные участки и участки уже вторичного заболачивания [5]. В части элементов гидрологического континуума присутствуют первичное озеро, мочажины разной степени деградированности, вторичные озерки и водотоки (река и ручьи), обеспечивающие разгрузку. Это дает возможность наблюдать за



динамикой стока с торфяных болот под действием различных природных факторов.

В период с апреля по ноябрь 2023 г. с периодичностью 14-20 дней в гидрологических скважинах, расположенных в разных частях массива, и в ручьях р. Черной [2], а также в подземных водах (скважина ближайшего снт) измерялись уровни болотных вод, окислительно-восстановительный потенциал (Eh), водородный показатель pH, минерализация, электропроводность, кислород в воде, растворенный в воде радон-222, отбирались пробы на содержание изотопов  $\delta^2\text{H}$  и  $\delta^{18}\text{O}$  в воде.

Полученные результаты типичны для болот омбротрофного типа [1, 2, 4]: низкая минерализация (до 50 мг/л), электропроводность в пределах 60-200 мкС/см, pH 3,5–5,2, тогда как в грунтовых водах вблизи массива: минерализация > 118 мг/л, электропроводность 210-320 мкС/см, pH 6,0–7,3. Отсутствие грунтового питания в массиве подтверждается измерениями радона-222 (0-1 Бк/л) в болотных водах. Отмечено увеличение минерализации в летний и осенний периоды (влияние распада органики и испарения) [2].

В лаборатории Научного парка СПбГУ проводилась обработка проб воды на содержание изотопов  $\delta^2\text{H}$  и  $\delta^{18}\text{O}$ . Изотопы  $\delta^2\text{H}$  и  $\delta^{18}\text{O}$  входят в состав водных молекул, они стабильны – их общее количество остается примерно постоянным. Три основных физических процесса, приводящих к изменениям изотопного состава природных вод различных геосфер – испарение, конденсация и замерзание. При фракционировании воды существует закономерность: тяжелый изотоп ( $\delta^2\text{H}$  и  $\delta^{18}\text{O}$ ) накапливается в более конденсированной фазе, а в менее конденсированной – более легкий ( $\delta^1\text{H}$  и  $\delta^{16}\text{O}$ ), это вызывает «облегчение» и «утяжеление» изотопного состава воды (льда) [1]. Поэтому с помощью диаграммы  $\delta^{18}\text{O}$  –  $\delta^2\text{H}$  можно анализировать причины изменения состава вод различного генезиса. Изотопный состав атмосферных осадков аппроксимируется прямой – глобальной линией метеорных вод (ГЛМВ):  $\delta^2\text{H} = 8\delta^{18}\text{O} + 10$  [1].

Результаты изотопных измерений проб воды выявили следующие закономерности: все пробы, отобранные в зимний сезон (до конца апреля), распределяются в так называемой «зоне замерзания» вдоль ГЛМВ, на отрезке с легкими по изотопному составу водами: значения  $\delta^2\text{H} < -110...-120$  ‰ и  $\delta^{18}\text{O} < -13...-14$  ‰. Подземные воды наиболее четко коррелируют с ГЛМВ, т.к. их цикл водообмена замкнут, менее подвержен сезонным колебаниям и, как следствие, у них стабильный изотопный состав, что демонстрирует концентрация точек проб подземных вод в одной зоне ГЛМВ вне зависимости от сезона отбора. Пробы сточных вод напротив распределены равномерно вдоль всей линии аппроксимации, но больше коррелируют не с глобальной, а с

локальной линией метеорных вод (ЛЛМВ), составленной на основе показателей осадков и речных стоков северо-западного региона [4]. Т.к. поверхностные воды имеют наиболее быстрый цикл обмена и тесно связаны с атмосферными колебаниями, их расположение вдоль всей линии ЛЛМВ является вполне обоснованным. Болотные же воды, основная разгрузка которых происходит через испарение, но не являющиеся при этом полностью замкнутой системой водообмена (как подземные воды), расположены вдоль линий аппроксимации, имеют четкую взаимосвязь с сезоном отбора проб, показывают более тяжелые из всех типов вод изотопы в «зоне испарения», характеризующейся повышением  $\delta^{18}\text{O}$  и отклонением от ГЛМВ.

Исследование подтвердило формирование стока с ИБМ внутренними болотными водами. Сезонная изменчивость интенсивности стока оказывает определяющее воздействие на геохимию поверхностных вод в данном гидрологическом континууме.

*Исследования проведены при финансовой поддержке гранта РНФ № 20-77-10057.*

#### Список литературы.

1. Гидрометеорологический режим и водный баланс верховых болот Северо-Запада России (на примере Ламмин-Суо) / Под ред. С. М. Новикова, В. И. Батуева. СПб., 2019. 448 с.
2. Lizunova M. A., Selyanina S. B., Trudova N. S. The Main Features of Hydrology and Hydrogeochemistry of Bogs: Case Study of the Ilasskii Bog Massif // Water Resour. 2023. V. 50. I. 3. P. 346–348.
3. Malov A., Pokrovsky O., Chupakov A. Using stable isotopes to assess river water dynamics and groundwater input in the largest European Arctic river (Severnaya Dvina) // Environmental Monitoring and Assessment. 2020. V. 192(444) doi:10.1007/s10661-020-08414-y
4. Многолетние изменения элементов водного баланса на воднобалансовых и болотных станциях / Под ред. М. Л. Маркова. СПб.: ООО «Риал», 2021. 202 с.
5. Пономарева Т. И. Влияние лесосошения на лесорастительные условия сосняков кустарничково-сфагновых северотаежного района архангельской области. Дис. ... канд. сельскохозяйственных наук. Архангельск. 2022. 186 с.
6. Чибисова В. Г. Влияние природных условий, атмосферного переноса и осушения на свойства торфа юго-восточного прибалтийского побережья. Дис. ... канд. географических наук. Архангельск. 2023. 122 с.

## **Обводнение осушенных торфяников для смягчения изменения климата**

*М. А. Медведева<sup>1\*</sup>, В. Ю. Иткин<sup>1,2</sup>*

## **Rewetting drained peatlands for climate change mitigation**

*М. А. Medvedeva<sup>1\*</sup>, V. Yu. Itkin<sup>1,2</sup>*

<sup>1</sup>Институт лесоведения РАН

<sup>2</sup>РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина

*\*medvedeva@ilan.ras.ru*

*Ключевые слова: дистанционное зондирование, торфяники, вторичное обводнение, изменение климата, мультиспектральные спутниковые снимки, Парижское соглашение по климату, Национальный кадастр.*

*Keywords: remote sensing, peatlands, rewetting, climate change, multispectral satellite imagery, Paris Agreement, national inventory.*

Осушенные торфяники играют важную роль в процессе поступления парниковых газов (ПГ) в атмосферу. Без рекультивации после добычи торфяники становятся первоочередными объектами торфяных пожаров [5]. Необходимые меры для сокращения эмиссии ПГ и сокращения пожаров на неиспользуемых осушенных торфяниках – вторичное обводнение и заболачивание [6]. Такие решения могут внести ощутимый вклад в реализацию Парижского соглашения по климату в рамках сектора землепользование, изменение в землепользовании и лесное хозяйство (ЗИЗИЛХ) и, в конечном счете, в смягчение изменений климата [7]. На базе предыдущих исследований по использованию спутниковой информации [1, 2, 3] разработаны методы оценки сокращения выбросов ПГ после мероприятий по обводнению неиспользуемых торфяников [4, 5], которые могут найти применение на национальном, региональном уровнях и для отдельных проектов обводнения. Методика предлагает определение эффективно обводненных площадей, которые можно принять как водно-болотные угодья. Подход использован при включении с 2020 года вторично обводненных торфяников в Национальный доклад Российской Федерации о кадастре антропогенных выбросов из источников и абсорбции поглотителями парниковых газов, не регулируемых Монреальским протоколом. Рассмотрен подход к учету сокращения выбросов ПГ путем анализа пожарной активности до обводнения.

*Работа выполнена при участии Российского научного фонда (проект 23-74-00067).*

### **Список литературы.**

1. Медведева М. А., Возбранная А. Е., Барталев С. А., Сиринов А. А. Оценка состояния заброшенных торфоразработок по многоспектральным

- спутниковым данным // Исследование Земли из космоса. 2011. № 5. С. 80–88.
2. Медведева М. А., Возбранная А. Е., Сирин А. А., Маслов А. А. Возможности различных многоспектральных спутниковых данных для оценки состояния неиспользуемых пожароопасных и обводняемых торфоразработок // Исследование Земли из космоса. 2017. № 3. С. 76–84.
  3. Медведева М. А., Возбранная А. Е., Сирин А. А., Маслов А. А. Возможности различных мультиспектральных космических данных для мониторинга неиспользуемых пожароопасных торфяников и эффективности их обводнения // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2019. № 16(2). С. 150–159.
  4. Сирин А. А., Медведева М. А., Ильясов Д. В., Коротков В. Н., Минаева Т. Ю., Суворов, Г. Г. Обводненные торфяники в климатической отчетности Российской Федерации // Фундаментальная и прикладная климатология. 2021. № 7(3). С. 84–112. doi: 10.21513/2410-8758-2021-3-84-112.
  5. Сирин А. А., Медведева М. А., Иткин В. Ю. Вторичное обводнение неиспользуемых осушенных торфяников и сокращение выбросов парниковых газов // Известия РАН. Серия географическая. 2023. Т. 87. № 4. С. 597–618. doi: 10.31857/S258755662304012X.
  6. Leifeld J., Menichetti L. The underappreciated potential of peatlands in global climate change mitigation strategies // Nat. Commun. 2018. V. 9. P. 1071. doi: 10.1038/s41467-018-03406-6
  7. Wilson D., Blain D., Couwenberg J. et al. Greenhouse gas emission factors associated with rewetting of organic soils // Mires and Peat. 2016. V. 17. P. 1–28.

**К вопросу о влиянии гидромелиорации на физико-химические показатели торфа верховых болот Европейского Севера России  
(на примере Архангельской области)**

*Т. Н. Пономарева, А. С. Орлов, И. Н. Zubov, С. Б. Селянина*

**Revisiting the effect of drainage on the physicochemical parameters of peat deposits in the bogs of the European North of Russia  
(The case of the Arkhangelsk region)**

*T. N. Ponomareva, A. S. Orlov, I. N. Zubov, S. B. Selyanina*

ФГБУН Федеральный исследовательский центр комплексного изучения  
Арктики имени академика Н. П. Лаврова УрО РАН  
*gumin@fciactic.ru*

Ключевые слова: *верховое болото, торф, осушение, физико-химические показатели торфа.*

Key words: *bog, peat, drainage, physicochemical parameters of peat.*

Рельеф и природно-климатические условия Европейского Севера России обуславливают высокую степень заболоченности его территорий. Так в пределах материковой части Архангельской области площадь болот составляет 5,8 млн га, или 18,8 % ее территории [1]. Торфяные болота играют важную роль в депонировании углерода и поддержании биоразнообразия, а также являются источником ценного природного ресурса – торфа.

Гидромелиорация является одним из основных видов антропогенного воздействия на болотные экосистемы, поскольку частичное или полное осушение болот является одним из необходимых условий для последующего их использования в промышленном и сельскохозяйственном плане. Осушение, в свою очередь, приводит к изменению гидрологического режима торфяников и сопровождается изменениями таких физико-химических показателей как pH, Eh, минерализация и содержание растворенных веществ. Это в свою очередь способствует интенсификации процессов биотрансформации органического вещества и изменению конечного состава и свойств торфа [2], которые определяют как возможность его промышленного использования, так и функционирование болотных экосистем в целом.

В контексте государственного интереса к освоению северных территорий представляется актуальным исследование влияния осушения на физико-химические показатели торфа верховых болот Европейского Севера России.

В качестве объекта исследования выбран Иласский болотный массив Архангельской области, который является типичным представителем верховых бореальных торфяников южно-прибеломорского типа. В пределах данного болотного массива отобраны пробы верхового торфа по глубине залегания с трех участков: с естественным водным режимом, с действующим осушением и с постмелиоративным заболачиванием.

В результате проведенных исследований установлено, что изменение гидрологического режима анализируемых территорий способствует уплотнению торфяной залежи, о чем свидетельствуют более высокие значения показателя насыпной плотности для осушенного и повторно-заболоченного участка по сравнению с участком с естественным водным режимом. Уплотнение структуры происходит, в том числе, и за счет снижения влагосодержания торфа.

По результатам исследования активной кислотности анализируемые образцы торфа относятся к сильнокислой группе, поскольку значения pH ниже 4,5 единиц. Степень разложения торфа находится в пределах 0-7 %, 5-10 % и 7-15 % для естественного, повторно заболоченного и осушенного участков, соответственно, и увеличивается по глубине профиля залегания. Полученные данные по зольности

позволяют отнести торф данных территорий к малозольному типу с низкой степенью разложения, что во многом определяет возможные направления использования этого ресурса. Содержание водорастворимых солей (в пересчете на NaCl) находится в интервалах 0,5-2,7 мг/г, с максимальной концентрацией в приповерхностном слое торфа.

Динамика изменения окислительно-восстановительного режима по глубине торфяных профилей, характеризующаяся показателем  $Eh_4$ , свидетельствует об изменении умеренно-окислительных условий при движении от поверхности в глубь залежи на восстановительные. При этом для повторно-заболоченного и осушенного участков значения параметра  $Eh_4$  несколько выше и имеет большую сезонную вариативность, по сравнению с участком с естественным водным режимом.

Таким образом, происходящая при гидромелиорации трансформация торфяной залежи подтверждается значительными изменениями окислительно-восстановительного режима ( $Eh_4$ ), pH, влагосодержания, насыпной плотности.

*Исследование выполнено в рамках проекта № 125021902579-1 за счет средств Министерства высшего образования и науки Российской Федерации.*

#### Список литературы.

1. Поморская энциклопедия: в 5 т. / Администрация Арханг. обл. [и др.]; гл. ред. Н. П. Лаверов. Архангельск, 2007. Т. 2. Природа Архангельского Севера. 603 с.
2. Harris L., Roulet N., Moore T. Drainage reduces the resilience of a boreal peatland // Environmental Research Communications. 2020. V. 2. №6. № article 065001.

# ПОСТПИРОГЕННАЯ ДИНАМИКА БОЛОТНЫХ ЭКОСИСТЕМ, ПРОЦЕССЫ ВОССТАНОВЛЕНИЯ БОЛОТ

## Автоматизированные подходы для выделения комплексов на нарушенных и заброшенных торфяниках на основе данных Sentinel-2

М. В. Архипова, Т. В. Орлов \*, В. В. Бондарь

## Automated approaches for identifying complexes on disturbed and abandoned peatlands based on Sentinel-2 data

М. V. Arkhipova, T. V. Orlov\*, V. V. Bondar

Институт геоэкологии им. Е.М. Сергеева РАН  
\*tim.orlov@gmail.com

Ключевые слова: торфяник, картографирование, дистанционное зондирование.

Key words: peatland, mapping, remote sensing.

Разработка торфяных месторождений оставила после себя большие площади нарушенных торфяников. В настоящее время многие из них заброшены. В результате на таких землях часто возникают пожары. На нарушенных торфяниках формируются определенный набор растительных сообществ [1, 2].

В работе предпринята попытка разработать подход автоматического выделения основных комплексов, индицируемых группами растительных сообществ, возникающих на заброшенных торфяниках с учетом фенологии основных доминантов.

В работе использованы геоботанические описания растительности, выполненные в Тверской, Ленинградской и Псковской областях (всего 112 описаний). Анализ описаний позволил выделить следующие группы растительных ассоциаций на основе доминантной классификации:

1) участки открытого торфа с редкой растительностью (*Eriophorum vaginatum*, *Eriophorum angustifolium*, *Politrichum strictum*)

2) разреженные пушицево-политриховые и кустарничково (*Calluna vulgaris*)-политриховые сообщества с пушицей влагищной с отдельными деревьями (*Betula pendula*, *Pinus sylvestris*) и участками голого торфа;

3) заросли березового и соснового подроста, пушицево-политриховые, маловидовые, вейниковые с участками голого торфа;

4) леса березовые и осиновые, злаковые, зеленомошные, с небольшим числом видов;

5) леса сосновые и еловые без травяно-кустарничкового яруса, зеленомошные;

6) тростниковые (*Phragmites australis*) сообщества;

7) осоковые (*Carex spp.*) сообщества;

8) осоково-сфагновые и кустарничково-сфагновые сообщества;

9) сосново-кустарничково-сфагновые сообщества;

10) ивовые (*Salix spp.*) и березово-ивовые сообщества;

11) разнотравно-злаковые луговые сообщества;

12) участки открытой воды и сильно обводненные участки.

Выделенные группы с одной стороны охватывают большой спектр возможных сообществ нарушенных торфяников, с другой стороны эти группы хорошо различимы на космических снимках.

В качестве основного материала для анализа использован набор разносезонных снимков Sentinel-2 (пространственное разрешение 10 м):

- зима (январь-середина марта),
- весна (середина апреля-середина мая),
- поздняя весна (середина мая-середина июня),
- лето (середина июня-август).

На основе набора снимков для каждого сезона рассчитаны индексы:

- максимальное значение NDVI,
- медианное значение EVI.

Индекс WRI был рассчитан для периода май-июнь.

Последовательный алгоритм разделения растительных сообществ включал несколько этапов. На первом этапе на базе зимнего NDVI территория делится на 4 группы: - однозначно выделяются хвойные леса, имеющие максимальные значения NDVI в этот период; - однозначно выделяются мелколиственные леса; - выделяется группа, включающая молодые несомкнутые леса, ивовые и ивово-березовые сообщества, сосново-кустарничково-сфагновые сообщества и частично высокие заросли тростника; - выделяется группа открытых участков – торфяные пустоши, пушицево-политриховые группировки, тростниковые, осоковые, сфагновые сообщества и залитые водой разной глубины участки. Эти сообщества и участки в зимний период имеют низкий NDVI, т.к. покрыты снегом.

На следующем этапе разделяются сообщества внутри выделенных групп зарослей и открытых сообществ.

Для открытых сообществ на основе индекса WRI за май и июнь месяцы отделяются водные и переувлажненные участки (12 группа сообществ). Данные участки однозначно характеризуются с помощью данного индекса. В конце мая начале июня максимальной «зелености» достигают луговые сообщества (11 группа). Они довольно однозначно отделяются по индексу EVI за этот период. В середине лета, когда



растительность достигает максимальной «зелености» отделяются с помощью NDVI разреженные сообщества, где значительные площади заняты голым торфом. (1 и 2 группы). Финально для группы открытых сообществ выделяются тростниковые (6), осоковые (7) и осоково-кустарничково-сфагновые (8) сообщества. Это можно сделать на основе снимков конца апреля – первой половины мая, когда болотные сообщества с большой долей сфагнума уже достаточно зеленые за счет мхов и вечнозеленых кустарничков, а осоковые и тростниковые сообщества еще не начинали вегетировать. По значению EVI однозначно отделяются осоково-кустарничково-сфагновые сообщества. Условно можно разделить осоковые и тростниковые сообщества, считая, что EVI осоковых сообществ выше, чем EVI тростниковых сообществ. Далее аналогично разделяются группа зарослей. В мае-июне максимальные значения EVI характерны для ивовых и ивово-березовых зарослей (10). Далее на основе NDVI апреля-мая однозначно отделяются высокие тростниковые заросли (6), которые в этот момент имеют низкий NDVI. Условно можно разделить молодые леса (береза, сосна) пушицево-политриховые, редкотравные, вейниковые с участками голого торфа (3) и сосново-кустарничково-сфагновые (9) сообщества. Вторые в этот период имеют больший NDVI.

Данный алгоритм реализован на базе Google Earth Engine. В пределах выбранных границ торфяника подбирается съемка за указанные периоды (зима, весна, поздняя весна и лето), рассчитываются индексы и формируется карта сообществ на основе разделения индексов по заранее заданным порогам.

Метод был апробирован на торфяниках Ленинградской, Псковской, Тверской областей.

Была оценена точность разработанного метода на основе полевых точек, матрицы ошибок и индекса К (Каппа Коэна). Достоверность составила от 0,7 до 0,79.

#### Список литературы

1. Сири́н А. А., Медведева М. А., Макаров Д. А., Маслов А. А., Юстен Х. Мониторинг растительного покрова вторично обводненных торфяников Московской области // Вестник СПбГУ. Науки о Земле. 2020. Т. 65. № 2. С. 314-336.
2. Орлов Т. В., Архипова М. В., Бондарь В. В. Закономерности формирования растительного покрова заброшенных выработанных торфяников в результате пожарной деятельности // Материалы 21-й Международной конференции "Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса" (Москва, 13–17 ноября 2023 года). Москва: Институт космических исследований Российской академии наук, 2023. С. 391.

## **Восстановление мохово-лишайникового покрова постпирогенного верхового болота**

*Л. П. Гашкова*

## **Restoration of moss and lichen cover on a post-pyrogenic raised bog**

*L. P. Gashkova*

Сибирский институт сельского хозяйства и торфа – филиал Сибирского  
федерального научного центра агробиотехнологий РАН  
*gashkova-lp@rambler.ru*

Ключевые слова: *верховое болото, пожар, сфагновые мхи, лишайники, восстановление болота.*

Key words: *raised bog, fire, sphagnum moss, lichen, bog restoration.*

Западная Сибирь относится к наиболее заболоченным территориям Земного шара, здесь расположено уникальное Большое Васюганское болото, часть которого была осушена в 1970–80 годы. Осушение болот приводит к увеличению пожарной активности, следствием которой становится увеличение выброса углерода [1, 3]. Восстановление экосистемы растягивается, иногда на несколько десятилетий. Температура и интенсивность горения влияет на выживаемость мхов и скорость восстановления мохового покрова [2].

**Целью нашего исследования** было сравнить основные этапы восстановления мохового и лишайникового покрова участков верхового болота, в разной степени пострадавших от пожара. Объектом исследования стал осушенный участок, расположенный на восточном отроге Большого Васюганского болота, где в конце лета 2016 года произошёл пожар. Для наблюдения выбраны три ключевых участка болота, в разной степени пострадавшие в результате пожара. Первый, наиболее выгоревший участок расположен непосредственно рядом с осушительным каналом, подвергся наиболее интенсивному пожару. На данном участке полностью погиб растительный покров, выгорел верхний слой торфа, микрорельеф сгладился. Второй участок расположен в 50 м от первого, на нём наиболее пострадали понижения, на кочках выгорели кустарнички и погибли, но не выгорели мхи. Третий участок не пострадал от огня и даёт представление о состоянии растительности болота до пожара. Микрорельеф участка образован моховыми кочками средних размеров и мочажинами. Древесный ярус представлен разреженной сосной с примесью одиночных кедров, высотой до 4 м. Травяно-кустарничковый ярус с общим проективным покрытием (ОПП) 40-50% образован багульником, хамедафне, голубикой, андромедой, клюквой, пушицей, морошкой и росянкой. В мохово-лишайниковом ярусе с ОПП 90% на кочках доминирует *Sphagnum fuscum* (Schimp.) Klinggr. (ПП 60-70%) с примесью зелёных мхов (*Pleurozium schreberi* (Willd. ex Brid.)

Mitt., *Dicranum polysetum* Sw.) и лишайника *Cladonia rangiferina* (L.) F. Н. Wigg. В мочажинах доминирует *Sphagnum balticum* (Russ.) Russ.ex С. Jens., с примесью *Sphagnum divinum* Flatberg & K. Hassel.

Восстановление мохово-лишайникового покрова различается на первом и втором участке. На первом участке в 2017 году восстановление начинается с появления *Polytrichum strictum* Menzies ex Brid., *Marchantia polymorpha* L. и гриба *Rhizina undulata* Fr. На втором участке на погибших моховых кочках, появляются точки возобновления *S. fuscum*, а в мочажинах – *P. strictum* и *M. polymorpha* (табл.).

Таблица. Проектное покрытие видов мохово-лишайникового покрова, %.

Год	2017		2018		2019		2020		2021		2022		2023		2024		
№ участка	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	3
<i>Sphagnum fuscum</i>	-	+	-	20	-	25	-	30	-	30	+	35	5	40	10	40	90
<i>Sphagnum balticum</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	5	-	5	20
<i>Sphagnum divinum</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	10
<i>Dicranum polysetum</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5
<i>Pleurozium schreberi</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5
<i>Polytrichum strictum</i>	+	+	10	10	20	30	30	40	40	40	70	50	65	50	60	50	-
<i>Ceratodon purpureus</i>	-	-	-	-	-		+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-
<i>Cladonia sp</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	5	5	5	5	5	10	5
<i>Marchantia polymorpha</i>	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Rhizina undulata</i>	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

В 2018 и 2019 гг. наблюдается увеличение проективного покрытия (ПП) *S. fuscum* и *P. strictum* и постепенное сокращение *M. polymorpha*. В 2020 году обнаружен новый для обеих участков вид мха *Ceratodon purpureus* (Hedw.) Brid. В 2021 году продолжается увеличение ПП мхов на обеих участках. В 2022 году на первом участке появляются *S. fuscum* и *Cladonia*, ПП *P. strictum* достигает максимума (70%). На втором участке ПП *P. strictum* в мочажинах достигает всего 50%. В 2023 начинается замещение *P. strictum* на сфагновые мхи: на первом участке ПП *S. fuscum* достигает 5%, а на втором участке в мочажинах появляется *S. balticum* (ПП 5%). В 2024 году на первом участке ОПП мохового яруса сохраняется на уровне 70%, но часть *P. strictum* заменяется *S. fuscum* (ПП 10%), доля выгоревшей мертвопокровной поверхности составляет 20%. На втором участке ОПП мохового яруса составляет 80%, кочки покрыты моховыми подушками *S. fuscum* (ПП 40%), мочажины заняты *P. strictum* (ПП 50%),

*Cladonia* (ПП 10%) и *S. balticum* (ПП 5%). Доля обгоревшего торфа составляет 10%.

Таким образом, в процессе исследования обнаружилась зависимость процесса постпирогенного восстановления мохового покрова от степени выгорания поверхности. Основным маркером восстановления стало появление на пострадавших участках доминирующих до пожара сфагновых мхов. В случае сохранения моховых подушек сфагновые мхи начали восстанавливаться уже в первый год, а при полном выгорании поверхности появление сфагнума зафиксировано только на шестой год после пожара.

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

#### Список литературы.

1. Сирин А. А. Болота и антропогенно-измененные торфяники: углерод, парниковые газы, изменение климата // Успехи современной биологии. 2022. Т. 142. № 6. С. 560–577. doi: 10.31857/S0042132422060096.
2. Noble A., Crowle A., Glaves D. J., Palmer S. M., Holden J. Fire temperatures and *Sphagnum* damage during prescribed burning on peatlands // Ecological Indicators. 2019. V. 103. P. 471–478. doi: 10.1016/j.ecolind.2019.04.044
3. Wilkinson S. L., Andersen R., Moore P. A., Davidson S. J., Granath G., Waddington, J. M. Wildfire and degradation accelerate northern peatland carbon release // Nature Climate Change. 2023. V. 13. P. 456–461. doi: 10.1038/s41558-023-01657-w

### **Стратегия использования мелиоративных систем и осушенных торфяников в охранной зоне национального парка «Беловежская пуца»**

*Д. Г. Груммо<sup>1,\*</sup>, Н. А. Зеленкевич<sup>1</sup>, Е. В. Мойсейчик<sup>1</sup>, О. В. Созинов<sup>2,3</sup>*

### **Strategy for the use of reclamation systems and drained peatlands in the protective zone of the Belovezhskaya Pushcha National Park**

*D. G. Grummo<sup>1,\*</sup>, N. A. Zeliankevich<sup>1</sup>, E. V. Mojsejchik<sup>1</sup>, O. V. Sozinov<sup>2,3</sup>*

<sup>1</sup>Институт экспериментальной ботаники НАН Беларуси

<sup>2</sup>Гродненский государственный университет имени Я. Купалы

<sup>3</sup>Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН

\**zm.hrumo@gmail.com*

Ключевые слова: *торфяник, болота, мелиоративная система, охранный зона, Беловежская пуца, восстановление болот.*

Key words: *peatland, mires, reclamation system, protective zone, Belovezhskaya Pushcha, restoration of mires.*

На территории Беловежской пуши в настоящее время насчитывается около 10-11 мелиоративных систем общей площадью 15 тыс. га и протяжённостью 1,2 тыс. км. Значительное количество небольших осушительных систем было построено 100 и более лет назад, но самые крупные осушительные системы созданы в 1950-1980 гг. Широкомасштабных работ по реконструкции мелиоративных систем с момента их ввода в эксплуатацию не проводилось. Новое мелиоративное строительство не велось. Это привело к тому, что значительная часть осушительных каналов заустарена, их ложе заилено и заросло водной растительностью. В то же время негативное воздействие осушительной мелиорации на природные комплексы Беловежской пуши прослеживается и до настоящего времени: снижение уровня воды в реках, ручьях, самих мелиоративных каналах, их пересыхание и, как следствие, изменение биоразнообразия. В последние годы отрицательное влияние последствий гидротехнической мелиорации в значительной степени нивелируется деятельностью бобров.

Обзор литературных источников [1, 2], анализ фондовых материалов и результаты собственных исследований [3] показали, что плотная мелиоративная сеть по периферии национального парка «Беловежская пуца» оказывает существенное воздействие на природные экосистемы ООПТ, при этом зона воздействия этих систем охватывает значительно большую территорию, чем только охранная зона национального парка.

Исходя из этого, при разработке стратегии использования мелиоративных систем и осушённых торфяников граница исследования буферной зоны была расширена до 30 км вокруг ООПТ (в границах белорусского сектора). Логическая схема последовательности научно-исследовательских работ по разработке Стратегии состояла из 3 этапов:

2) *Оценка степени деградации земель на основе индикаторов программы нейтрализации деградации земель (НДЗ) в рамках Конвенции ООН по борьбе с опустыниванием (КБО ООН).* Результаты исследований показали удовлетворительную экологическую обстановку. На значительной территории (90-95%) преобладают экосистемы в стабильном состоянии или с повышенной продуктивностью. Площади деградированных и нарушенных земель составляют 12 215,8 га. Их основные места локализации в восточном (водосборный бассейн р. Ясельда) и южном (водосборный бассейн р. Лесная) секторах.

3) *Оценка продуктивности и характера землепользования на мелиорированных торфяно-болотных почвах в буферной зоне национального парка.* Результаты исследований показали, что: (1) рост объёмов производства сельскохозяйственной (с/х) продукции в регионе осуществляется преимущественно за счёт эксплуатации торфяно-болотных почв, которые характеризуются большим потенциалом

производства растениеводческой продукции, чем минеральные почвы; (2) в структуре земельного фонда 30-км буферной зоны существует паритет (по состоянию на 2020 г.) между мелиорированными с/х землями с выращиванием однолетних пропашных культур (53,0%) и с многолетними травами (47%), а в пределах охранной зоны данный показатель составляет 36% и 64% соответственно. Данный показатель является индикатором напряженной агроэкологической ситуации, поскольку выращивание на торфяно-болотных почвах (особенно маломощных и которые в буферной зоне занимают достаточно большую площадь) пропашных культур приводят к ускорению процессов деградации почв; (3) в пространственном аспекте формируются локалитеты деградированных торфяно-болотных земель с пониженной продуктивностью с/х культур вокруг национального парка «Беловежская пуща» (2020 г.); (4) площадь выработанных торфяников составляет 12,2 тыс. га и они размещены по всей территории 30-км зоны.

4) *Стратегия использования мелиоративных систем и осушенных торфяников в границах буферной зоны национального парка.* Стратегия включает в себя следующие положения:

✓ Изменение структуры с/х производства на торфяно-болотных почвах в 30-км зоне вокруг национального парка «Беловежская пуща»: сокращение (до 20-25%) доли пропашных культур и увеличение (до 75-80%) доли многолетних трав. В охранной зоне целесообразно довести данный показатель до 100% с/х земель с выращиванием многолетних трав.

✓ В охранной зоне необходимо провести работы по вторичному заболачиванию выработанных и нарушенных торфяников на площади 9,4 тыс. га, а всего в 30-км буферной зоне – 12,2 тыс. га.

✓ В 30-км зоне необходимо провести инвентаризацию состояния экосистем 23 торфяных месторождений (25,9 тыс. га), расположенных в буферной зоне национального парка, с целью выбора участков для вторичного заболачивания. Площадь реабилитированных участков должна составить не менее 25% от общей площади каждого торфяника (всего 14,7 тыс. га).

✓ Целесообразно разработать регламенты эксплуатации гидромелиоративных объектов и гидротехнических сооружений буферной зоны, установив для них оптимальные уровни поддержания уровня грунтовых вод.

✓ В охранной зоне все работы, связанные с изменением существующего гидрологического режима (включая ремонтные работы на мелиоративных системах), должны быть минимизированы (вплоть до полного их прекращения). При этом мероприятия по обеспечению функционирования мелиоративных систем должны проходить тщательную экологическую экспертизу. При принятии решения о

проведении работ подвергать тщательному экономическому анализу эффективности планируемой деятельности и предусматривать допуск только по тем проектам, где необходимость таких работ экономически обоснована. Это позволит с одной стороны обеспечить рациональное расходование бюджетных средств, предусмотренных на проведение мелиоративных работ, а с другой стороны обеспечит снижение воздействия осушительной сети на природные экосистемы.

✓ Неэффективно используемые мелиорированные с/х земли в охранный зоне национального парка, целесообразно переводить в другие категории земель (запаса, лесные угодья) и на них проводить первоочередные мероприятия по восстановлению гидрологического режима, что позволит в той или иной степени восстановить гидрологический режим уникального природного комплекса национального парка «Беловежская пуца».

Индикаторы успешности выполнения стратегии использования мелиоративных систем и осушенных торфяников в границах буферной зоны национального парка приведены в таблице.

Таблица. Индикаторы успешности выполнения стратегии использования мелиоративных систем и осушенных торфяников в границах буферной зоны национального парка.

№ п/п	Показатель	Единица измерения	Значение	
			охранная зона	30-км зона вокруг нац. парка
1	Доля с/х земель, занятых пропашными культурами	%	0	20-25
2	Доля с/х земель, занятых многолетними травами	%	100	75-80
3	Вторичное заболачивание выработанных и нарушенных торфяников	тыс. га	9,4	12,2
4	Инвентаризация нарушенных торфяников с целью выбора участков для вторичного заболачивания	тыс. га	16,6	25,9
5	Площадь нарушенных торфяников и мелиоративных систем к переводу в естественные угодья	тыс. га	8,3	6,4

1. Список литературы.
2. База данных «Торфяники Беларуси» [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://peatlands.by/>. Дата доступа: 24.01.2025.
3. Бамбалов Н. Н., Беленький С. Г., Дворак Л. Е., Толкач В. Н., Ракович В. А., Смирнова В. В., Шишко А. А. Характеристика болот Беловежской пуцы и её охранной зоны // Сохранение биологического разнообразия лесов Беловежской пуцы. Каменюки - Минск, 1996. С. 131-140.
4. Груммо Д. Г., Цвирко Р. В., Зеленкевич Н. А., Куликова Е. Я., Созинов О. В. Карта растительности национального парка «Беловежская Пуца»: опыт создания и практического использования // Геоботаническое картографирование. 2019. № 1. С. 18-38. doi: 10.31111/geobotmap/2019.18

**Результаты мониторинга за динамикой продукции и  
восстановления акротельма на торфяном болоте  
после пожара в Приамурье**  
*Т. А. Копотева\*, В. А. Купцова*

**Results of monitoring the dynamics of production and restoration of  
acrotelmus in a mire after a fire in the Amur region**  
*T.A. Kopoteva\*, V.A. Kuptsova*

Институт водных экологических проблем ДВО РАН – обособленное  
подразделение Хабаровского федерального исследовательского центра  
ДВО РАН

*\*kopoteva@ivep.as.khb.ru*

Ключевые слова: *пирогенный фактор, акротельм, сукцессия, фитомасса, продукция.*

Keywords: *pyrogenic factor, acrotelm, succession, phytomass, production.*

В связи с изменением климата появляется все больше работ, посвященных влиянию пожаров на функционирование болотных экосистем, в том числе на их способность депонировать углерод после пирогенного воздействия. Вопросам постпирогенной динамики растительного покрова болот посвящен ряд статей канадских ученых. Известны публикации отечественных исследователей, освещающих эту сложную проблему с разных позиций [1, 2].

Мы проводили наблюдения за динамикой надземных запасов фитомассы, мортмассы и продукции (NPP) после пожара в июне 2008 г., уничтожившего растительный покров на ненарушенном мезотрофном кустарничково-сфагновом болоте (80% площади) и с 2012 г. также оценивали изменения в торфогенном горизонте – акротельме. На неосушенном участке болотного массива, часть которого была мелиорирована в 80-х годах, были заложены 2 пробные площади: на сохранившемся от выгорания во время пожара 2008 г. (А – контроль) и на гари (Б) [3]. Отбор фитомассы проводили однократно в конце сезона, подземную фитомассу отбирали в виде монолитов 10 дм<sup>2</sup> на глубину 30 см в 10-ти кратной повторности. Продукция мхов оценивалась по общепринятым методикам. Условия увлажнения за счет атмосферных осадков с 2012 г. по 2018 г. колебались незначительно в пределах среднепогодной нормы, 2019–2020 гг. очень влажные [4]. Во время проведения мониторинга по территории гари проходили весенние палы слабой интенсивности, было зафиксировано 5 палов в годы, когда отмечено снижение NPP фитоценоза, у некоторых функциональных групп существенное.

За 9 лет наблюдений средний показатель NPP на гари (984 г/м<sup>2</sup>·год, абс.-сух.) больше, чем на контроле (597 г/м<sup>2</sup>·год) на 24% за счет



сосудистых растений. В ходе пирогенной сукцессии менялась структура NPP (табл. 1). NPP сосудистых кустарничково-травяного яруса на контроле колебалась в пределах: от  $260 \pm 27,9$  г/м<sup>2</sup>·год до  $513,7 \pm 47,1$  г/м<sup>2</sup>·год, на гари соответственно с  $1181,2 \pm 94,4$  г/м<sup>2</sup>·год до  $561,4 \pm 50,2$  г/м<sup>2</sup>·год, постепенно снижаясь к концу наблюдений.

Таблица 1. Динамика продукции (NPP) функциональных групп растений-торфообразователей, на контроле (А) и гари (Б), %

Годы		2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Сосудистые растения	А	78	62	61	58	53	42	45	45	40
	Б	82	82	83	80	77	76	78	74	66
Сфагновые мхи	А	22	10	11	15	18	21	19	23	26
	Б	5	9	5	8	11	10	10	11	19
<i>Polytrichum strictum</i>	А	0,1	28	28	27	29	37	36	32	34
	Б	13	9	12	12	12	14	12	15	15

В моховом ярусе на гари в первую очередь восстанавливался *Sphagnum divinum*, к концу наблюдений его продукция была в 4 раза больше, чем у *S. fuscum*. Запас фитомассы *S. fuscum* (живая + очес) в горизонте 0–10 см на контроле почти не изменился, у *S. divinum*, увеличился в 2 раза. К концу 12-го года наблюдений фитомасса живых сфагновых мхов по сравнению с допожарной восстановилась на 42%. Фитомасса *Polytrichum strictum* в ходе наблюдений периодически возрастала и снижалась в соответствии с его циклом развития (5–6 лет).

Таблица 2. Динамика фракционного состава акротельма (0–30 см) негоревшего участка (А) и гари (Б)

Фракции	А - 2012 г.	Б - 2012 г.	А - 2020 г.	Б - 2020 г.
Живые корни кустарничков	304,4±53,3	527,7±96,3	351,4±110,6	582,4±214,4
Мертвые корни кустарничков	245,2±84,3	754,5±131,3	137,4±69,3	240,6±79,4
Живые корни трав	101,1±35,3	200,4±53,3	112,4±40,1	339,5±101,1
Мертвые корни трав	78,0±24,8	135,1±42,9	62,3±24,3	199,0±39,3
Опад листьев кустарничков	118,2±22,1	144,2±39,5	199,9±43,2	196,9±39,3
Живая фитомасса <i>Polytrichum strictum</i>	1,8	76,0±32,1	127,2±27,9	90,2±28,6
Мортмасса <i>P. strictum</i>	0,8	280,0±130,2	2015,4±365,2	1446,9±536,5
Живая фитомасса <i>Sphagnum fuscum</i>	198,7±14,6	11,0±8,4	95,7±24,6	76,2±28,7
Живая фитомасса <i>S. divinum</i>	148,4±30,2	44,5±21,5	83,0±27,9	128,9±30,1
Очес <i>S. fuscum</i> слабой степени разложения	1895,0±170,9	79,8±79,8	1042,6±207,8	511,9±167
Очес <i>S. divinum</i> слабой степени разложения	103,1±35,1	13,3±13,3	573,4±124,9	950,0±198
Очес высокой степени разложения	359,2±100	2466,3±352,5	1153,4±369,4	1001,1±274
Торф	62,3±44,9	1050±419,5	106,5±71,3	365,2±163,8
Итого	3616,2±515,5	5782,8±1360,1	6060,6±1306,5	6128,8±1602

Средний за время наблюдений показатель мортмассы на гари всего на 10% отличается от такового на контроле, в то время как средний показатель NPP на гари превышает NPP контроля на 61%, что говорит об

усилившихся темпах деструкции после пожара. Данные таблицы 2 показывают, что структура акротельма на 12-й год восстановления приближается к допожарной благодаря двум последним годам с переувлажнением, за исключением большой фитомассы, созданной *Polytrichum strictum*.

По результатам исследования установлено, что столь большое участие *Polytrichum strictum* в растительном покрове пирогенной смены существенно снижает устойчивость фитоценоза к пирогенному фактору, поскольку его биомасса наряду с психрофильными кустарничками является горючим материалом в засушливые периоды в отличие от сфагновых мхов, долго сохраняющих влажность.

#### Список литературы

1. Никонова Л. Г., Калашникова Д. А., Головацкая Е. А., Симонова Г. В. Запасы фитомассы и деструкция растений торфообразователей на начальных этапах разложения в условиях ненарушенных и постпирогенных торфяников Западной Сибири // Почвы и окружающая среда. 2024. Т. 7. № 2. С. 1–15.
2. Синюткина А. А., Гашкова Л. П., Харанжевская Ю. А. Пирогенное изменение болотной растительности и торфа в Западной Сибири // Вестник Московского университета. Серия 5: География. 2024. Т. 79. № 1. С. 78–88.
3. Копотева Т. А., Купцова В. А. Восстановление торфогенного горизонта мезотрофного болота после пожара (Хабаровский край) // Бот. журн. 2024. Т. 109. № 6. С. 584–599.
4. Копотева Т. А. Биотический круговорот пирогенно нарушенных мезотрофных кустарничково-сфагновых болот Приамурья // Западно-Сибирские торфяники и цикл углерода: прошлое и настоящее. Материалы Седьмого международного полевого симпозиума. Томск, 2024. С. 85–87.

### **Пожароопасность осушенных торфяников Северо-Западного федерального округа**

*Т. В. Орлов\*, М. В. Архипова, В. В. Бондарь*

### **The fire hazard of drained peatlands in the Northwestern Federal District**

*T. V. Orlov\*, M. V. Arkhipova, V. V. Bondar*

Институт геоэкологии им. Е.М. Сергеева РАН

*\*tim.orlov@gmail.com*

Ключевые слова: торфяник, пожары, дистанционное зондирование.

Key words: peatland, fires, remote sensing.

Осушенные торфяники, в большом количестве встречающиеся в пределах северо-запада европейской части России, являются весьма

неблагоприятными с точки зрения их пожароопасности. Возгорания могут коснуться и мест обитания человека, возможно также загрязнение населенных пунктов продуктами горения. Особый статус таких участков подчеркивается в рамках оценочного доклада об изменениях климата и их последствиях на территории России. В связи с этим, проведение мероприятий по предотвращению пожаров на территории выработанных торфяников имеет важное практическое значение.

**Целью работы** является оценка степени пожароопасности выработанных торфяников на основе комплекса дистанционных и полевых методов, и апробация разработанной методики на выбранных эталонных торфяниках, а также определение торфяников, наиболее подверженных пожарам.

Анализ пожаров на заброшенных торфяниках Северо-Западного Федерального Округа строился на основе спутниковых снимков высокого разрешения (WorldView-1, WorldView-2) из покрытия Google Maps, Yandex Maps, Esri World Imagery и данных по термоточкам системы Fire Information for Resource Management System (FIRMS) с 2001 по 2023 год. Для верификации использовались космические снимки Sentinel-2 с разрешением 10 м/пикс. В качестве дополнительных материалов использовались топографические карты Государственного научно-внедренческого центра геоинформационных систем и технологий (ГосГисЦентр) масштаба 1:250000 и 1:100000.

Была сделана классификация торфяников по типу нарушения и по способу добычи торфа. По типу осушения объекты делились на 6 классов: осушенные леса, осушенные луга, осушенные пашни, торфодобыча, застройка, слабонарушенное, а также их сочетания. По способу торфодобычи торфяники разделились на 4 группы: фрезерный, гидравлический (гидроторф), машиноформовочный, добыча не велась, а также их сочетания.

На втором этапе по данным термоточек [1, 3] за период 2001-2023 гг. проводился анализ возгораний на торфяниках по типам их нарушений. Вычислялась частота пожаров в годах (сколько в общей сумме лет горел торфяник за 23 года) и частота пожаров в днях (сколько в общей сумме дней горел торфяник за 23 года). Затем определялись наиболее часто горящие торфяники по каждому субъекту и проводилась оценка вероятности пожаров по типам торфяников.

Были проанализированы торфяники всех субъектов Северо-Западного Федерального Округа. Всего было выделено 9983 торфяника различного типа в пределах СЗФО.

Наибольшее количество торфяников, которые разрабатывались для торфодобычи, распространено в Псковской области, здесь насчитывается 361 торфяник с торфодобычей с общей площадью 17275,84 га. Из всех выделенных торфяников пожары за весь период наблюдений

фиксируются на 3440 торфяниках. Была оценена вероятность возникновения хотя бы одного пожара в пределах торфяника в течении года.

Были получены расчетные значения вероятности появления хотя бы одного очага пожара по типам нарушения торфяника:

Осушенные леса - 1271 объекта, вероятность - 0,09;

Осушенные луга - 1401 объекта, вероятность - 0,15;

Осушенные пашни - 221 объекта, вероятность - 0,18;

Торфодобыча - 477 объектов, вероятность - 0,19;

Слабонарушенные - 53 объекта, вероятность - 0,12.

Чаще всего пожары происходят на торфяниках, осушенных для с/х угодий, а также на торфяниках с добычей торфа, где есть участки открытого торфа, заросшие растительностью или обводненные. Из расчета видно, что наиболее вероятно возникновение очага пожара на торфяниках, на которых велась торфодобыча фрезерным способом, тогда как на торфяниках, осушенных для выращивания леса, вероятность возникновения ниже, чем у других.

Достаточно высокая вероятность также наблюдается и на участках осушенных лугов и пашен за весь период наблюдений. Чаще всего такие пожары не являются торфяными, так как начинаются весной с началом весенних палов, в которых горит не сам торф, а луговая растительность.

Так как наиболее вероятно возникновение торфяного пожара на бывших торфоразработках, расчет вероятности пожара на торфяниках с торфодобычей по субъектам показал, что наиболее опасным с точки зрения торфяных пожаров являются Калининградская и Ленинградская области, где вероятность составляет 0,22 – 0,26, в меньшей степени Псковская, Новгородская и Вологодская области с вероятностью 0,17 – 0,2.

Наибольшая площадь опасных с точки зрения возникновения пожаров в будущем торфяников, используемых под торфодобычу, находятся в Псковской и Ленинградской областях. В Псковской области насчитывается 20 часто горящих и опасных торфяников, в Ленинградской области 11 торфяников. Меньше всего в Новгородской (1 торфяник с частотой 18 лет), в остальных субъектах заброшенные торфяники с добычей торфа горели меньше половины всего срока наблюдения и не являются настолько опасными. Всего выделено 40 наиболее опасных торфяников Северо-Западного ФО.

В результате анализа было выделено 9983 торфяника во всех субъектах Северо-Западного Федерального округа, из которых 3440 подвергались пожарам с разной частотой возгораний за 23 года.

Расчет вероятности возникновения пожара показал, что наиболее опасными являются торфяники, осушенные для торфодобычи. Вероятность пожара на таких торфяниках составляет 0,19. Также

опасными торфяниками являются осушенные луга и осушенные пашни с вероятностью 0,15 и 0,18 соответственно. Однако зачастую на таких объектах возникают верховые пожары, вызванные весенними палами и не являющиеся торфяными.

Список литературы:

1. Медведева М. А. Иткин В. Ю. Определение оптимальных дистанционных показателей температурных аномалий для выявления торфяных пожаров // Материалы 21-й международной конференции «Современные проблемы дистанционного зондирования земли из космоса». Москва, 2023. С. 386.
2. Приказ об утверждении классификации природной пожарной опасности лесов и классификации пожарной опасности в лесах в зависимости от условий погоды от 5 июля 2011 года № 287. URL: <https://docs.cntd.ru/document/902289183>.
3. <https://firms.modaps.eosdis.nasa.gov/>

**Использование данных съемки с БПЛА для изучения  
растительности постпирогенных болот (Западная Сибирь)**

*А. А. Синюткина*

**Using UAV survey data to study vegetation in post-pyrogenic mire**

*A. A. Sinyutkina*

Сибирский научно-исследовательский институт сельского хозяйства и торфа –  
филиал Сибирского федерального научного центра агробиотехнологий РАН  
*ankalaeva@yandex.ru*

Ключевые слова: *Томская область, Большое Васюганское болото, природный пожар, верховое болото, NDVI.*

Key words: *Tomsk region, Great Vasyugan mire, wildfire, raised bog, NDVI.*

Пожары приводят к долгосрочным изменениям растительного покрова и особенностей функционирования болот. Болота из поглотителя углерода переходят в его источник как за счет его выбросов непосредственно во время горения, так и замещения торфообразователей верховых болот сфагновых мхов на не типичные для них виды – зеленые мхи и лиственные породы деревьев. Поэтому вопрос оценки состояния и трендов постпирогенного восстановления растительности болот является особенно актуальным в условиях современного изменения климата и увеличения частоты и тяжести проявления природных пожаров.

**Цель исследования** – оценить состояние растительного покрова верховых болот в условиях постпирогенного восстановления с

использованием данных мультиспектральной съемки с БПЛА и материалов полевых геоботанических описаний. В задачи исследования входило провести дешифрирование аэрофотоснимков и рассчитать вегетационный индекс NDVI для выгоревших и сохранившихся участков болот. Объектами исследования являются три ключевых участка, расположенные в южной тайге Западной Сибири (Бакчарское и Усть-Бакчарское болота, Томская область) и в лесотундре (плоскобугристое болото в окрестностях п.г.т. Пангоды, ЯНАО). На Бакчарском и Усть-Бакчарском болотах последний пожар произошел в 2016 г. и 2014 г. соответственно в пределах их осушенных участков с сосново-кустарничково-сфагновым фитоценозом. Естественное плоскобугристое болото с кустарничково-лишайниковыми буграми и травяно-сфагновыми мочажинами выгорело в 2016 г. Кроме того, по архивным космическим снимкам на Бакчарском и Усть-Бакчарском болотах выявлены старые пожары 1990, 1999, 2003 годов. Подробная характеристика объектов исследования представлена в [1].

Полевые исследования проведены в 2023 году, методика включала следующие этапы: 1) проведение геоботанических описаний на выгоревших и фоновых участках с фиксацией координат с помощью GPS навигатора. Геоботанические описания включали определение проективного покрытия видов всех ярусов и суммарного покрытия каждым ярусом, оценку доли открытой поверхности. Доля выгорания поверхности оценивалась методом линейной таксации с определением присутствия и толщины горелого слоя в 20 точках на каждой геоботанической площадке. Всего выполнено 60 описаний; 2) мультиспектральная съемка с БПЛА DJI Phantom 4 Multispectral в синем, зеленом, красном, красном крае и ближнем инфракрасном диапазонах с высоты 150 м. Пространственное разрешение составило 8 см/пиксель. Всего выполнено 23 полета в каждом из которых было получено 95-99 снимков; 3) обработка снимков в программе Agisoft Metashape Professional, включающая калибровку отражательной способности, выравнивание снимков и построение ортофотоплана, который был экспортирован для последующей обработки в программе QGIS; 4) дешифрирование снимков с использованием обучающих выборок, созданных на основе данных геоботанических описаний, составление и анализ карт вегетационного индекса NDVI.

Анализ карты растительного покрова постпирогенных участков показал, что на Бакчарском болоте в пределах выгоревшей части преобладают поверхности, покрытые кустарничками (50 %), в том числе с присутствием мелкой сосны (до 2 м), главным образом сохранившейся пятнами после пожара. Понижения с открытыми поверхностями и частично заросшие мхами занимают 21% площади. На Усть-Бакчарском болоте преобладают открытые поверхности (участки с редкой

растительностью), занимающие 35% площади. Широко распространена кустарничковая растительность – 26%, сосны, в том числе сохранившиеся после пожара (33%). Выделяются участки с березами, занимающие 4% площади. Деревья главным образом сосредоточены вдоль каналов, а в межканальных пространствах распространены кустарнички и открытые поверхности. На постпирогенном участке плоскобугристого болота бугры и мочажины занимают практически равные площади (47 и 53% соответственно).

По данным мультиспектральной съемки с БПЛА на Бакчарском болоте в пределах контуров сосново-кустарничково-сфагнового болота средние значения NDVI увеличиваются в ряду: постпирогенный участок 2016 г., в настоящее время занятым кустарничково-сфагново-зеленомошным фитоценозом (0,66) – постпирогенный участок 1990 г. с восстановившимся сосново-кустарничково-сфагновым фитоценозом (0,67) – осушенное и не горевшее сосново-кустарничково-сфагновое болото (0,68). На Усть-Бакчарском болоте наблюдается противоположная тенденция – минимальное значение NDVI характерно для естественного участка болота (0,70), а максимальное (0,85) наблюдается в пределах березово-кустарничково-зеленомошного осушенного участка болота, горевшего в 1999, 2003 и 2014 гг.

Среди контуров «старых» пожаров NDVI выше на участке с большей пирогенной трансформацией и низкой скоростью восстановления (0,79), что схоже и даже несколько выше среднего значения для постпирогенного контура 2014 г. (0,77). Это еще раз подтверждает отсутствие восстановления на осушенных болотах с высокой нормой осушения. Плоскобугристое болото характеризуется минимальными значениями NDVI среди ключевых участков (0,56-0,62). Как на буграх (0,57), так и в мочажинах (0,62) на постпирогенном участке значение NDVI незначительно выше в сравнении с фоновой территорией (0,56 и 0,61 соответственно). Практически равные значения индексов между постпирогенными и не горелыми участками отражают, во-первых, большее в сравнении с сохранившимися участками разрастание кустарничков, трав и мхов, замещающих лишайники, определяющие низкие значения индексов, на буграх, и трав вместо сфагновых мхов в мочажинах; во-вторых, сохраняющаяся высокая доля открытых поверхностей на выгоревших участках как на грядах, так и мочажин. При дальнейшем зарастании выгоревших поверхностей ожидается рост вегетационных индексов

#### Список литературы.

1. Синюткина А. А., Гашкова Л. П., Харанжевская Ю. А. Пирогенное изменение болотной растительности и торфа в Западной Сибири // Вестник Московского университета. Сер. 5. География. 2024. Т. 79. № 1. С. 78–88.

# ИСТОРИЯ БОЛОТ, СТРАТИГРАФИЧЕСКОЕ РАЗНООБРАЗИЕ ТОРФЯНЫХ ЗАЛЕЖЕЙ, СОВРЕМЕННЫЕ ПРОЦЕССЫ В ТОРФЯНЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ

## Реконструкция растительности и стратиграфическое разнообразие типичного верхового болота средней тайги (на примере Карбонового полигона Мухрино)

*В. Р. Батршина\*, Е. А. Заров, Е. Д. Лапшина*

## **Vegetation reconstruction and stratigraphic diversity of a typical bog in the middle taiga (Mukhrino supersite case study)**

*V. R. Batrshina\*, E. A. Zarov, E. D. Lapshina*

Югорский Государственный университет

*\*valera.batrshina@yandex.ru*

Ключевые слова: голоцен, верховое болото, торф, стратиграфия, палеорастительность, ботанический состав, карбоновый полигон Мухрино.

Key words: *Holocene, bog, peat, stratigraphy, palaeorostatics, botanical composition, Mukhrino carboniferous polygon.*

Болота играют ключевую роль в реконструкции климатических изменений бореальной зоны, так как экология торфообразующих растений и процессы торфообразования зависят от окружающей среды [5]. Стратиграфия торфяных залежей является надежным источником данных о голоцене, а для восстановления палеоэкологических условий используют состав растительных остатков, степень гумификации торфа, спорово-пыльцевой анализ и разнообразие раковинных амеб [3, 4]. В Западной Сибири заболоченность территории может достигать 50-80%, а общая площадь болот составляет 592 440 км<sup>2</sup> [2]. Важно отметить, что болота являются резервуаром углерода - в северных широтах они занимают площадь около 4 млн. км<sup>2</sup> с запасом углерода от 270 до 621 Гт [5, 6].

**Цель исследования** заключалась в реконструкции палеорастительности и восстановлении стратиграфии торфяной залежи по данным ботанического состава торфа.

Исследование проводилось на научной полевой станции Мухрино, расположенной на левобережной террасе р. Иртыш, в 20 км к юго-западу от г. Ханты-Мансийска. Торфяная колонка отбиралась на всю глубину залежи с помощью торфяного бура («Русский бур»), упаковывалась в С-образные кассеты и обтягивалась пленкой. В лаборатории образцы были разделены на сегменты по 10 см, промыты через сито (0,25 мм) и



проанализированы под микроскопом (Zeiss Axiostar, 10–40х). Стратиграфическая колонка составлена в программе Kordi [1].

Скважина 18. Заболачивание у скважины 18 началось с накопления сапропеля в озерной котловине. После формирования метрового слоя сапропеля развились гипновые мхи с примесью вахты, папоротника и *Carex lasiocarpa* (низинный торф 10-15 см). С глубины торфяной залежи - 300 см отмечается верховая стадия развития болотного массива, чему способствовало обеднение его минерального питания. Развиваются шейхцериено-сфагновые сообщества (*Sphagnum papillosum*, *S. balticum*). В целом, в олиготрофной стадии развития торфяника преобладают отложения фускум-торфа, чередующегося с мочажинным сфагновым. Рост торфяника поднял берега озера, вызвав подтопление и смену растительности на субгидрофильную (*Sphagnum lindbergii*, *S. papillosum*). Верхние слои сложены верховыми видами торфа: травяным, мочажинным и шейхцериено-сфагновым торфом с прослойками воды.

Скважина 2. Минеральное дно сложено суглинками, на глубинах 520–500 см доминирует папоротник, к которому с глубины 500-350 см добавляются примеси *Sphagnum riparium*, *S. teres* и гипновых мхов, что свидетельствует о наличии эвтрофных условий с преобладанием тростниково-сфагновых сообществ. На глубине 400 см наблюдается смена тростниково-сфагнового вида на травяно-сфагновый, с наличием вахты и *Carex limosa*, а также *Sphagnum warnstorfii*, что может указывать на постепенное изменение гидрологических условий и мезоэвтрофной стадии. Начиная с глубины 300 см происходит смена видов на пушицу, кустарнички с небольшой примесью березы и *Sphagnum angustifolium*, что свидетельствует о явном переходе к олиготрофной стадии. Далее, *Sphagnum angustifolium* замещается *S. fuscum*, с небольшими примесями *S. divinum*.

Скважины 5а-5б. На глубине 340-320 см отлагался пушицевый или сфагново-пушицевый торф. С 300 см сформировался фускум-торф (до 150 см), перемежающийся с торфами субгидрофильных сообществ (*Sphagnum balticum*, шейхцериа, пушица), что указывает на начало формирования грядово-мочажинных комплексов. С 160 см доминирует пушица с примесью сосны, свидетельствуя о сухом климатическом периоде. Эти сообщества образовали 20-40 см торфа, после чего болото перешло в современную стадию грядово-мочажинного типа с рядами по окрайкам. На глубине 10-20 см обнаружен переходный торф (до 20 см) с преобладанием *Sphagnum squarrosum* и пушицы.

Анализ данных показал постепенную трансформацию влажных условий в более сухие, что отразилось в смене растительных сообществ. Это подчеркивает естественную эволюцию экосистемы и её адаптацию к изменяющимся условиям среды.

#### Список литературы.

1. Кутенков С. А. Компьютерная программа для построения стратиграфических диаграмм состава торфа «Korpi» // Труды КарНЦ РАН. Сер. Экологические исследования. 2013. № 6. С. 171-176.
2. Лисс О. Л., Абрамова Л. И., Аветов Н. А., Березина Н. А., Инишева Л. И., Курнишкова Т. В., Слука З. А., Толпышева Т. Ю., Шведчикова Н. К. Болотные системы Западной Сибири и их природоохранное значение. Тула: Гриф и К°, 2001. 584 с.
3. Blackford, J. J., Chambers, F. M. Determining the degree of peat decomposition in peat-based palaeoclimatic studies // International Peat Journal. 1993. V. 5. P. 7–24.
4. Booth R. K., Jackson S. T., Gray C. E. D. Paleoecology and high-resolution paleohydrology of a kettle peatland in upper Michigan // Quaternary Research. 2004. V. 61(1). P. 1–13.
5. Gorham E. Northern peatlands: role in the carbon cycle and probable responses to climatic warming // Ecological Applications. 1991. V. 1. P. 182–195.
6. Zicheng Yu., Loisel J., Brosseau D. P., Beilman D. W., Hunt S. J. Global peatland dynamics since the Last Glacial Maximum // Geophysical Research Letters. 2010. V. 37. I. 13. P. L13402 doi:10.1029/2010GL043584

**Стратиграфия маломощных торфяных залежей  
при суходольном заболачивании  
(на примере Полистовского и Дарвинского заповедников)  
О. В. Галанина<sup>1,2,3</sup>, М. Е. Леготин<sup>1</sup>**

**Stratigraphy of shallow peat deposits under paludification process  
(Polistovsky and Darwinsky Nature Reserves)  
O. V. Galanina<sup>1,2,3,\*</sup>, M. Eu. Legotin<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Санкт-Петербургский государственный университет

<sup>2</sup>Ботанический институт им. В. Л. Комарова РАН

<sup>3</sup>Государственный природный заповедник «Полистовский»

\*o.galanina@spbu.ru

Ключевые слова: *торф, ботанический состав, таежные болота, европейская часть России.*

Key words: *peat, botanical composition, boreal mires, European part of Russia.*

Из имеющихся данных по торфяному бурению, выполненному летом 2024 г. в Дарвинском и Полистовском заповедниках, для сравнения были отобраны колонки, соответствующие концепции «суходольного заболачивания», т.е. в нижних образцах которых определены древесные торфа (сложенные в нашем случае березой), а верхние слои уже представляют собой сфагновый торф.

**Цель работы:** проследить динамику торфонакопления в краевых мелкозалежных частях Полистово-Ловатской болотной системы и сравнить с ходом суходольного заболачивания малых котловин Дарвинского заповедника.

В задачи исследования входило бурение торфяной залежи, анализ торфа на ботанический состав, построение стратиграфических колонок и сравнение результатов.

Применим ли сравнительно-географический метод в нашем случае? Мы считаем, что применим. Оба заповедника располагаются в таежной зоне европейской части России (Полистовский – в Псковской обл., Дарвинский – в Вологодской обл.). Они являются «болотными заповедниками», в которых наибольшие площади заняты верховыми болотными массивами. В обоих заповедниках наблюдается процесс активного поверхностного заболачивания территорий, бывших в сельскохозяйственном использовании 50-100 лет назад.

Бурением были охвачены южные окраинные части Полистово-Ловатской болотной системы в границах Полистовского заповедника [1]. Заболачивание и торфонакопление здесь происходит активно, этому способствует близость болотной системы и контакт с ней исследованного участка. Торфа залегают на суглинистых отложениях.

Ниже приводим данные, касающиеся скважины 4. Бурение выполнено в окраинном болотном березняке осоково (*Carex lasiocarpa*)-клюквенно-сфагновом недалеко от настила экомаршрута «Тропа моховиков». Координаты точки бурения 57.06637° с.ш. 30.59274° в.д. Микрорельеф кочковатый. Мощность торфяной залежи составила 0,4 м, внизу залегают органоминеральные отложения (рис.). Образование болота началось на суходольном участке, где формировался древесный низинный торф. Затем он сменился древесно-осоковым низинным, в котором на глубине 30-35 см были отмечены угли. Следующая стадия развития болота была более длительной, во время которой отложился древесно-пушицево-осоковый переходный торф. Верхние 10 см залежи сложены сфагновым верховым торфом.

Данные торфяного бурения, выполненного на территории Дарвинского заповедника, показывают, что исследованные болотные участки достигли сфагновой переходной стадии. Скважина 8 (ДГЗ) (58.53321° с.ш. 37.56420° в.д.) находится в заболоченном участке леса в непосредственной близости от крупного болотного массива Большой мох и в перспективе станет его окраинной частью. Бурение производили осоковым березняке, выбрав понижение с вахтой. Мощность залежи составила 0,6 м. Древесно-осоковый и древесный низинные торфа формируют нижние 40 см залежи. На глубине 45 см были хорошо различимы угольки. После пожара произошла резкая смена экологической обстановки: отложился древесно-сфагновый переходный

торф, выше залегает сфагновый переходный торф. Наличие угольных прослоек в торфяной залежи болот заповедника отмечалось ранее [2].

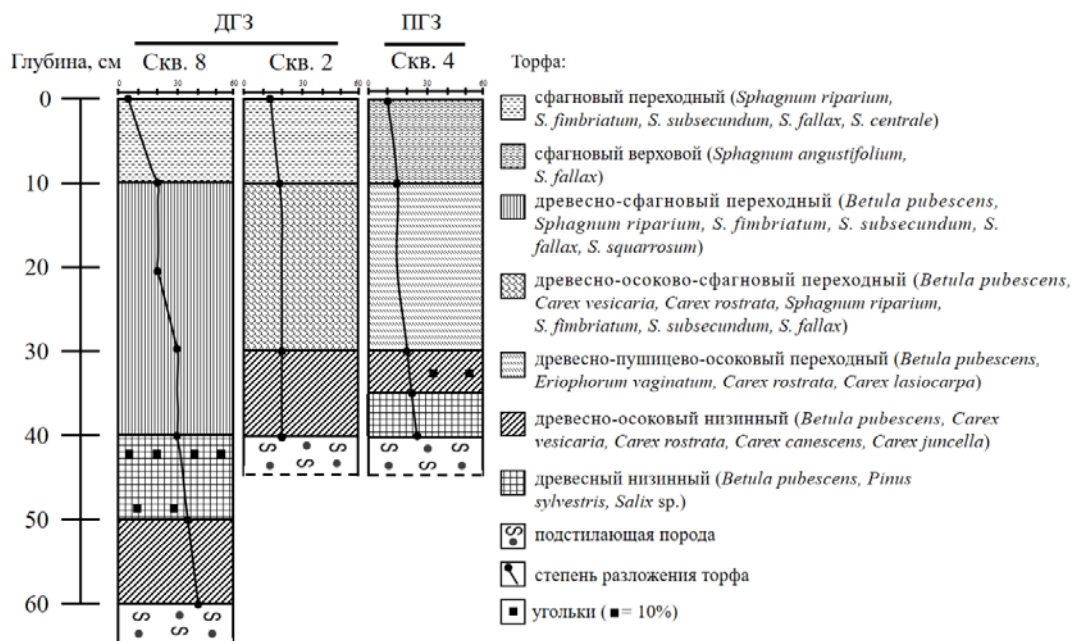


Рисунок. Торфяные колонки, полученные для Дарвинского (ДГЗ) и Полистовского (ПГЗ) заповедников.

Скважина 2 (ДГЗ) ( $58.52961^{\circ}$  с.ш.  $37.57828^{\circ}$  в.д.) расположена в вытянутом понижении, находящемся между верховым болотным массивом Большой мох и Мшичинским болотом. В понижении сформировалось осоково-сфагновое болото. Мощность торфяных отложений – 0,4 м. Древесно-осоковый низинный торф сменился древесно-осоково-сфагновым, а затем сфагновым переходными торфами.

Выводы. Изучение ботанического состава торфяных отложений доказало происходившее суходольное заболачивание влажных березняков. Исследованные в ДГЗ болотные мелкозалежные участки на настоящий момент достигли сфагновой переходной стадии. В ПГЗ низинная стадия формирования болота была короче; через переходную стадию болото уже перешло к верховой. Степень разложения торфов в ДГЗ выше, переход к верховой стадии не происходит, по-видимому, из-за влияния колебаний уровня Рыбинского водохранилища на гидрологический режим территории.

#### Список литературы.

1. Галанина О. В., Леготин М. Е. Палеосообщества болота на экотропе «Люди и леса» Полистовского заповедника // Наука на службе территориальной охраны природы: эколого-просветительский и социальный аспекты. Материалы научно-практического семинара, посвящённого 30-летию Полистовского государственного природного заповедника (16-17 августа

2024 г., р. п. Бежаницы, д. Цевло, Псковская обл.). Архангельск: КИРА, 2024. С. 23-29.

2. Денисенков В. П. Стратиграфия торфяных залежей болот юго-восточной части Дарвинского государственного заповедника // Труды Дарвинского гос. заповедника. 1968. Вып. IX. С. 79–93.

### **Оксидоредуктазная активность в олиготрофном болоте**

*Д. А. Гилёва, Д. М. Витусик, Е. В. Порохина\**

### **Oxidoreductase activity in an oligotrophic swamp**

*D. A. Gileva, D. M. Vitusik, E. V. Porokhina\**

Томский государственный педагогический университет, e-mail:

*\*porohkatrin@yandex.ru*

Ключевые слова: *олиготрофное болото, торф, энзимы, оксидоредуктазы, каталаза, полифенолоксидаза.*

Key words: *oligotrophic bog, peat, enzymes, oxidoreductases, catalase, polyphenol oxidase.*

Торфяные болота – это уникальные природные образования, выполняющие важные функции в биосфере. На территории России наиболее высокой заторфованностью (14%) характеризуется Западно-Сибирская равнина [3]. Особое внимание при изучении функционирования торфяных болот уделяют исследованию их биологической активности, ценным показателем которой является активность ферментов, или энзимов. Значительная часть окислительно-восстановительных процессов преобразования органического вещества в торфяных залежах катализируется ферментами класса оксидоредуктаз. Одними из наиболее распространенных ферментов из этого класса являются каталаза и полифенолоксидаза.

В работе приводятся результаты изучения активности общей каталазы и полифенолоксидазы в торфяных залежах двух пунктов наблюдений (П2 и П3) в пределах ландшафтного профиля на территории олиготрофного болота (Томская область, Бакcharский район) в климатических условиях среднемноголетнего по тепло-влажнообеспеченности года (ГТК-1,3). Сосново-кустарничково-сфагновый фитоценоз с высокой сосной (П2) располагается на окраине болота. Торфяная залежь П2 мощностью 90 см представлена переходным древесно-пушицевым видом торфа со средней и высокой степенью разложения, за исключением верхнего слоя 0–25 см, который сформирован сосново-пушицевым верховым торфом. Торфяная залежь

ПЗ (сосново-кустарничково-сфагновый фитоценоз с низкой сосной) имеет мощность 3 м. До глубины 2 м она представлена торфами верхового типа, а нижний придонный слой образован низинным осоковым видом торфа. Более подробная характеристика пунктов наблюдений приведена в работе [1]. В отобранных на пунктах наблюдений образцах торфа определяли общую каталазную активность газометрическим методом [4] и полифенолоксидазную активность по методу Л. А. Карягиной и Н. А. Михайловской [2].

Результаты исследований показывают, что пределы общей каталазной активности в торфяных залежах П2 и ПЗ варьируют от 1,19 до 12,23 см<sup>3</sup> O<sub>2</sub>/(г\*2 мин) с наибольшими показателями в верхнем, хорошо аэрированном слое (0-25 см), богатом легкоразлагаемыми органическими остатками. Пункты 2 и 3 различаются по сезонной активности общей каталазы: пик активности фермента в торфяной залежи П2 наблюдается весной, а в торфяной залежи ПЗ – осенью. Активность полифенолоксидазы в торфяных залежах П2 и ПЗ характеризуется как невысокая (0,00–5,33 мг 1,4-бензохинона/(г\*30 мин)). В целом полученные результаты согласуются с показателями активности полифенолоксидазы в олиготрофных болотах Западной Сибири [5]. В более древних слоях торфяного профиля П2 и ПЗ, которые сформированы переходными и низинными видами торфа, с увеличением содержания гуминовых кислот, отмечаются наибольшие показатели полифенолоксидазы. В сезонной динамике активности полифенолоксидазы в торфяной залежи П2 прослеживаются весенний и осенний максимумы и минимальные значения фермента – в июле. В торфяной залежи ПЗ более благоприятные погодные условия для процессов гумификации в среднемноголетний год отмечаются только в сентябре.

Таким образом, биохимические процессы с участием оксидоредуктаз активно протекают по всему профилю торфяной залежи как маломощного (П2), так и глубокозалежного (ПЗ) пунктов олиготрофного болота, что определяется разными факторами, в том числе ботаническим и, соответственно, химическим составом торфов, степенью разложения, погодными условиями и др. Определено, что в торфяной залежи П2 в среднем активность общей каталазы и полифенолоксидазы в 2,5 и 1,4 раза, соответственно, выше, чем в торфяной залежи ПЗ.

*Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 24-26-00161 (<https://rscf.ru/project/24-26-00161>).*

#### Список литературы.

1. Закономерности функционирования болотных экосистем в условиях воздействия природных и антропогенных факторов. Томск: Издательство ТГПУ, 2020. 482 с.

2. Карягіна Л. А., Михайлоуская Н. А. Визначення актиунасці поліфенолаксідазы і перакксідазы у глебе // Весцы АН БССР. Сер. сельска гаспадаргных навук. 1986. № 2. С. 40–41.
3. Концепция охраны и рационального использования торфяных болот России. / Под общей ред. чл.-корр. РАСХН Л. И. Инишевой. Томск: ЦНТИ, 2005. 76 с.
4. Круглов Ю. В., Пароменская Л. Н. Модификация газометрического метода определения каталазной активности // Почвоведение. 1966. № 1. С. 93–95.
5. Савичева О. Г., Инишева Л. И. Ферментативная активность торфяных почв // Сибирский экологический журнал. 2000. № 5. С. 607–614.

**Запасы фитомассы и разложение основных растений-торфообразователей олиготрофных болот Западной Сибири, подверженных осушению и пирогенному воздействию**

*Л. Г. Никонова\*, Е. А. Головацкая*

**Phytomass reserves and decomposition of main peat-forming plants in drained and post-pyrogenic peatlands of West Siberia**

*L. G. Nikonova\*, E. A. Golovatskaya*

Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН

\*nikonovalilig@gmail.com

Ключевые слова: *запасы фитомассы, деструкция органического вещества, торф, олиготрофные болота.*

Key words: *phytomass reserves, organic matter decomposition, peat, oligotrophic bogs.*

Благодаря преобладанию процессов продукции органического вещества растений и торфа над его деструкцией болотные экосистемы являются постоянным стоком углерода. Изучение процессов торфообразования в контексте изменений климата и антропогенного воздействия особенно актуально.

Исследование проводили в условиях четырех фитоценозов: Естественный рям – сосново-кустарничково-сфагновый фитоценоз, Осушенный рям, Восстановленный после пожара рям и Гарь (сосново-берёзовый пушицево-сфагновый фитоценоз). Оценка скорости разложения органического вещества проводилась методом закладки растительности в торф [1, 2]. Опад *Eriophorum vaginatum*, *Chamaedaphne calyculata*, *Sphagnum fuscum*, а также Смешанный образец (60% *Sphagnum fuscum* и 40% *Chamaedaphne calyculata*), закладывали в трех повторностях

на глубину 10 см в мае, извлекали через 4 месяца. Для оценки запасов фитомассы напочвенного покрова применяли укосный метод [3].

Оценка запасов растительного вещества показала, что исследуемые фитоценозы расположены в следующем порядке: Осушенный рям (6327 г/м<sup>2</sup>), Восстановленный рям (5151 г/м<sup>2</sup>), Естественный рям (3519 г/м<sup>2</sup>), Гарь (2097 г/м<sup>2</sup>). Наибольший вклад в запасы растительного вещества вносит мортмасса (моховой очес) и нефотосинтезирующие части растений. Доля мортмассы во всех исследуемых рямах в среднем в три раза больше, чем в условиях Гари (63% и 19% соответственно).

Осушение и условия, сформировавшиеся на постпирогенных участках, ускоряют разложение опада *Chamaedaphne calyculata* (в среднем на 7,9%) и Смешанного образца (в среднем на 1,6%). При значительном вкладе мха в запасы фитомассы (в среднем 27%) в результате исследований выявлены минимальные потери органического вещества из остатков *Sphagnum fuscum*, что указывает на его важнейшую роль в торфообразовательном процессе, особенно в Осушенном ряме (потери массы составили 0,41% от исходного содержания, при максимальных запасах мохового очеса – 3949 г/м<sup>2</sup>).

Особый интерес вызывает разложение Смешанного образца. Наименьший вынос органического вещества в Смешанном образце на начальных этапах деструкции происходит в условиях Естественного ряма, а в условиях Гари, с наименьшими запасами растительного вещества, зафиксированы наибольшие потери.

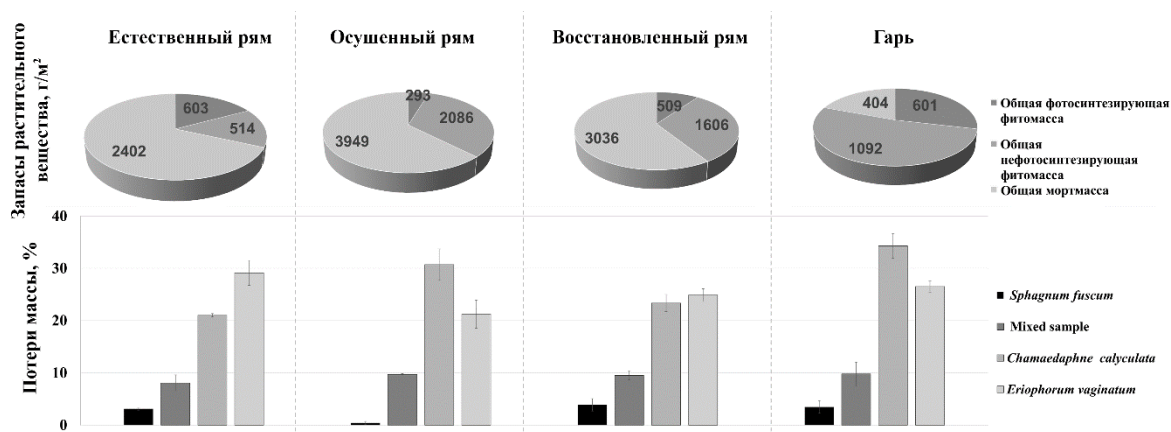


Рисунок. Продукционно-деструкционные процессы в ненарушенных, антропогенно-трансформированных и находящихся на разных стадиях естественных сукцессий олиготрофных болотных экосистемах Западной Сибири.

Таким образом, осушение и постпирогенные условия оказывают влияние как на запасы растительного вещества, так и на скорость разложения растительных остатков в торфяной залежи уже на начальных этапах деструкции.



*Исследование поддержано Министерством науки и высшего образования Российской Федерации, проект «Потоки и баланс углерода в лесных и болотных экосистемах юга таежной зоны Западной Сибири: комплексный мониторинг, анализ и прогноз» (FWRG-2025-0002, № 1024100800092-1).*

Список литературы.

1. Головацкая Е. А., Никонова Л. Г. Влияние уровня болотных вод на процессы трансформации сфагновых мхов в торфяной почве олиготрофных болот // Почвоведение. 2017. № 5. С. 603–613. doi: 10.7868/80032180X17030030
2. Козловская Л. С., Медведева В. М., Пьявченко Н. И. Динамика органического вещества в процессе торфообразования. Ленинград: Наука ЛО, 1978. 172 с.
3. Kosykh N. P., Koronatova N. G., Naumova N. B., Titlyanova A. A. Above- and below-ground phytomass and net primary production in boreal mire ecosystems of Western Siberia // Wetlands ecology and management. 2008. V. 16. P. 139–153. doi: 10.1007/s11273-007-9061-7

**Торфяная толща как архив истории природной среды и пеплопадов на севере острова Уруп (Курильская гряда) за последние 6000 лет**  
*С. Ф. Хохлов<sup>1\*</sup>, Н. С. Ликсакова<sup>2</sup>*

**Peat strata as an archive of the history of the natural environment and ashfalls in the north of Urup Island (Kuril Ridge) over the past 6000 years**  
*S. F. Khokhlov<sup>1\*</sup>, N. S. Liksakova<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Почвенный институт им. В.В. Докучаева

<sup>2</sup>Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН

*\*khohlov2000@mail.ru*

Ключевые слова: *остров Уруп, Курилы, торфяники, пепловые слои, датирование.*

Key words: *Urup Island, Kuril Islands, peat bogs, ash layers, dating.*

В многолетней экспедиции по Курильским островам «Восточный Бастион», в 2021 году обследован почвенный покров полуострова Кастрикум (северо-восток о. Уруп).

Климат на острове характеризуется высокой влажностью, относительно прохладным летом и мягкой зимой. На севере острова среднегодовое количество осадков 1246 мм, среднегодовая температура +2,3°C, температура почвы выше нуля с мая по октябрь [1].

Рельеф острова среднегорный, полуостров Кастрикум представляет собой морскую террасу, сложенную плотными вулканогенно-осадочными породами, которые перекрыты маломощным почвенно-пирокластическим чехлом. Ближе к краю тихоокеанского побережья в зоне разгрузки грунтовых вод и в депрессиях центральной части полуострова распространены заболоченные участки с торфяниками.

На одном из таких участков на краю дренажного ручья, расположенного в 50 м от уреза к Тихому океану, был отпрепарирован разрез торфяника (46,198104° с. ш. 150,514516° в. д., 22 м н.у.м.). Разрез общей мощностью 300 см. Как показано на рисунке, торфяная толща (ТТ) в разрезе лежит на суглинистом слое 30 см, который подстилается плотной породой, сверху она перекрыта отложениями современных вулканических осадков двух генераций общей мощностью 36 см. На поверхности этих отложений сформировалось кустарничково-разнотравное сообщество: *Carex middendorffii* (15%), *Empetrum sibiricum* (10), *Parageum calthifolium* (10), *Sanguisorba tenuifolia* (10), *Calamagrostis langsдорffii* (8), *Festuca rubra* (5), *Polygonum viviparum* (5), *Saussurea riederi* (5), *Tilingia ajanensis* (5), *Trisetum molle* (3), *Vaccinium vitis-idaea* (3), *Vaccinium uliginosum* (2), *Rhododendron aureum* (1), *Salix nakamuraana* (1), *Arnica unalaschcensis* (1), *Chamaepericlymenum suecicum* (1), *Maianthemum dilatatum* (1), *Pedicularis resupinata* (1), *Veratrum* sp. (1). Покрытие мохового яруса 3% – *Brachythecium* sp. (1), *Dicranum* sp. (1), *Rhytidiadelphus* sp. (1).

Профиль торфяника бурого цвета с темно-серыми пятнами, в нижней части на глубинах 200-230 см светло-бурый.

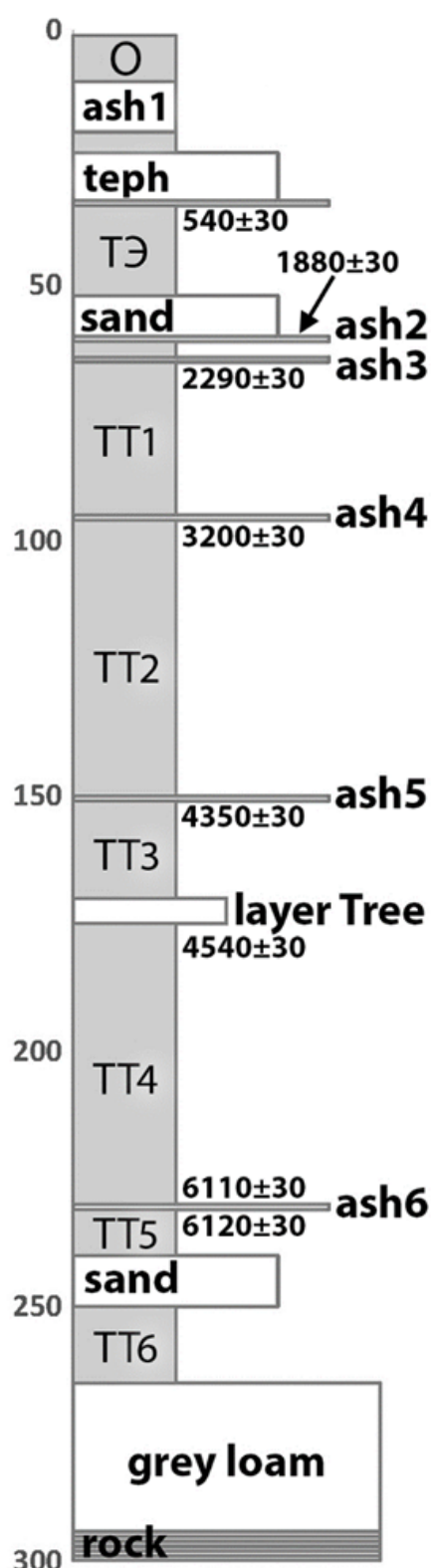


Рисунок. Вертикальный профиль торфяника.  
Ash, teeph, sand, grey loam – вулканические осадки; ТТ – торфяная толща; О – верхний горизонт.

Максимально серые оттенки отмечаются на глубинах 15-20 см, 60-70 см, 120-140 см и 240-260 см.

В торфяной толще отмечаются пять маркерных слоев ( $\leq 1$  см) светлых вулканических пеплов. Возраст пеплов определен на основе радиоуглеродного датирования подстилающего их торфа в Геологическом Институте (ГИН, Москва). Дополнительно определен возраст остатков древесной растительности, лежащей слоем на глубине 170 см ( $4540 \pm 30$  л., ГИН-16133).

Возраст начала формирования торфяной толщи не определялся. Мощность образованной торфяной толщи от самого нижнего слоя пепла ash6 (230 см) за период 6110 лет составляет 194 см, а расчетная средняя скорость роста за этот период равна 0,32 мм/год. Расчет скорости роста торфа между маркерными слоями приведен в таблице.

Таблица. Возраст и ботанический анализ торфа

Маркирующие слои (Marking layers)	teph,	ash2	ash3	ash4	ash5	ash6	sand
Глубина образца торфа, см (Depth, cm)	36	62	67	97	152	230	240
Возраст торфа, лет (Age, cal. BP) ( $\pm 30$ )	540	1880	2290	3200	4350	6110	
Скорость роста торфа, мм/год (Peat growth rate, mm/year)	0,19	0,12	0,33	0,48	0,45	-	
Степень разложения торфа (Peat decomposition), %	25-30	25-30	30	30-35	30-35	35	35-40
Названия видов (names of species)	В образцах торфа небольшая примесь мелкого песка (peat samples contain a small admixture of fine sand)						
Древесина и кора хвойных (Conifer wood and bark)					5	5	+
<i>Betula</i>					5	5	
<i>Salix</i>	5	5					
<i>Empetrum</i>	+			5			
Кустарнички (Dwarf shrubs)				5	5		+
<i>Poaceae</i>	10	5	5	+	5		
<i>Poaceae (Calamagrostis)</i>						10	10
<i>Eriophorum</i>	5	5	5	20	10		5
<i>Carex middendorffii</i>	60	55	55	50	55	50	55
<i>Carex cryptocarpa</i>	10	15	10	5		10	10
<i>Carex sp.</i>		5	10	10	10	10	10
<i>Sphagnum</i> sec. <i>Acutifolia</i>							+
<i>Sphagnum</i> sec. <i>Sphagnum</i>					+		
<i>Mniaceae</i>							5
<i>Polytrichum</i>			5	5			
Травяные неопределенные остатки (Herb residues, not identified)	10	10	10	+	5	10	5

Согласно [2] слой teph (15 см) соответствует маркерному слою Zav-1 (извержение вулкана Заварицкий, о. Симушир), а слой ash3 (1 см) –

маркерному слою СКг (извержение в северной части о. Итуруп) [2, 3]. Для слоев ash2, ash4-ash6 требуется продолжить поиск катастрофических извержений, соответствующих этим датам.

По строению профиля торфяника следует, что полуостров Кастрикум в период времени 6120–1880 л. н. не был подвержен существенному воздействию вулканических пеплопадов. Сильное воздействие на растительный покров и почвы оказали выпавшие 540 л. н. осадки, покрывшие полуостров Кастрикум крупно-песчаной тефрой (teph, 15 см) белесого цвета, а позднее светло-серым алевритовым пеплом, мощностью до 20 см.

Согласно ботаническому анализу торфа под маломощными осадками пеплов (табл.), торфяник начинал формироваться под заболоченным березовым редколесьем с отдельными кустами кедрового стланика и осокой Миддендорфа в травяном покрове. *Carex middendorffii* доминировала на протяжении всей истории развития торфяника. Значительную часть времени к ней примешивалась *Carex cryptocarpa* (*Carex lyngbyei* subsp. *cryptocarpa*). В образце ahs4 (3200 л.н.) берёза, кедровый стланик и *Carex cryptocarpa* исчезают, снижается обилие разнотравья, при этом увеличивается участие кустарничков и *Eriophorum*. В это время происходило наиболее быстрое накопление торфа. Позднее ash3 (2290 л.н.) увеличивается обилие *Carex cryptocarpa*, злаков и разнотравья, уменьшается - пушицы и кустарничков, появляются ивы, снижается скорость накопления торфа. Это может быть связано с увеличением дренированности.

#### Список литературы.

1. Научно-прикладной справочник по климату СССР. Серия 3. Многолетние данные. Ч. 1-6. Вып. 34. Сахалинская область. Л.: Гидрометиздат, 1990. 350 с.
2. Разжигаева Н. Г., Ганзей Л. А., Арсланов Х. А., Пшеничникова Н. Ф. Береговые дюны острова Уруп (Курильские острова, северо-западная Пацифика): архив изменений палеоклимата и природной среды // Геосистемы переходных зон. 2022. Т. 6. № 2. С. 100–113.
3. Разжигаева Н. Г., Ганзей Л. А., Гребенникова Т. А., Беянина Н. И., Ганзей К. С., Кайстренко В. М., Арсланов Х. А., Максимов Ф. Е., Рыбин А. В. Проявление климатических изменений и природных катастроф в позднем голоцене на юге о. Уруп (Курильские острова) // Вестник Северо-Восточного научного центра ДВО РАН. 2019. № 3. С. 37–53

# СОДЕРЖАНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ И ПРОЦЕССЫ САМООЧИЩЕНИЯ В БОЛОТНЫХ ЭКОСИСТЕМАХ

## Стойкие хлорорганические загрязнители в торфяной залежи верховых болот Европейского Севера России

*И. Н. Zubov\*, А. С. Орлов*

## Persistent organochlorine pollutants in the peat deposit of raised bogs of the European North of Russia

*I. N. Zubov\*, A. S. Orlov*

Федеральный исследовательский центр комплексного изучения  
Арктики имени Н. П. Лаврова УрО РАН

*\*zubov.ivan@bk.ru*

Ключевые слова: *торф, верховое болото, стойкие хлорорганические загрязнители, гексахлорбензол, пентахлорбензол, пентахлорфенол, хлорированные фенолы, вертикальное распределение.*

Key words: *peat, bog, persistent organochlorine pollutants, hexachlorobenzene, pentachlorobenzene, pentachlorophenol, chlorinated phenols, vertical distribution.*

Одной из современных глобальных экологических проблем является распространение в окружающей среде стойких органических загрязнителей (СОЗ). Как известно, СОЗ обладают высокой биологической активностью и многоплановым долгосрочным токсичным воздействием, устойчивы к деградации и способны к накоплению в объектах окружающей среды [1]. Проблема СОЗ особо актуальна для Европейского Севера РФ и Архангельской области, в частности. Климатические особенности региона в сочетании с высокой степенью заболоченности [2] приводят к тому, что на данной территории может аккумулироваться широкий спектр токсичных соединений различной природы [1].

В настоящее время накоплен достаточно большой массив информации об уровнях содержания и особенностях поведения СОЗ в различных абиотических и биотических компонентах экосистем – атмосферном воздухе, аэрозолях, воде, водных взвешях, донных отложениях, почве, растительности, тканях гидробионтов, орнитофауны и млекопитающих. Тогда как, исследования, направленные на изучение СОЗ в торфяниках, пока не столь широкомасштабны [3]

Впервые получены результаты по количественному содержанию и компонентному составу, а также особенностям вертикального распределения некоторых стойких хлорорганических загрязнителей (гексахлорбензола (ГХБ) пентахлорбензола (ПХБ), пентахлорфенола (ПХФ), а также хлорированных фенолов в модельной торфяной залежи

верхового болота на Европейском Севере России. Стойкие хлорорганические загрязнители были обнаружены во всех проанализированных пробах торфа при относительно равномерном распределении по глубине залегания. Так, суммарные количества высокохлорированных бензолов (ГХБ и ПеХБ) варьировали в пределах от 0,50 до 9,43 нг/г с наибольшими концентрациями в верхних 40 см торфяной залежи. Следует отметить, что ПеХБ присутствовал не в каждом слое торфяной залежи и в концентрациях, на 1-2 порядка меньших по сравнению с гексахлорбензолом. Концентрации ПХФ найдены в диапазоне от 0,2 до 2,6 нг/г с наибольшими значениями в верхней залежи (30 см). Что касается хлорированных фенолов, то в наибольших количествах в верхних 30 см торфяной залежи были найдены низкохлорированные моно- и дихлофенолы. Среди этих низкохлорированных фенолов регистрировались природные метаболиты. Также в небольших количествах по всей торфяной залежи был определен профиль хлорфенолов, характерный для процессов сжигания/горения.

Установлено, что основным путем поступления загрязнителей в торфяную залежь являются атмосферные выпадения твердых (зольных) частиц, переносимых от источников эмиссии как локального значения, так и с территорий в низких широтах и сопредельных регионов. Низкая подвижность СОЗ, а также высокая сорбционная емкость верховых торфов по отношению к соединениям с подобными свойствами приводят к их концентрированию в верхнем аэрируемом слое торфяной залежи.

Методами факторного и корреляционного анализа показано, что ключевыми факторами, определяющими распределение этих соединений в нормально функционирующих верховых болотах, является минеральная составляющая (зольность торфа и минерализация поровой воды), тогда как для донных осадков и почв ключевым фактором является содержание органического углерода.

*Работа выполнена за счет средств Министерства высшего образования и науки Российской Федерации (проект №125021902579-1).*

#### Список литературы.

1. Zubov I. N., Velyamidova A. B., Kolpakova E. S. Стойкие хлорорганические загрязнители в торфах верховых болот Архангельской области // Экология и промышленность России. 2024. Т. 28. № 7. С. 37–41.
2. Ponomareva T., Zubov I., Shtang A., Orlov A., Selyanina S. Complex microlandscape as a structural unit of the study of spatiotemporal development of an ombrotrophic suboceanic bog // Quaternary. 2024. V. 7. I. 2. Article №. 19. P. 1-22.
3. Zubov I. N., Selyanina S. B., Velyamidova A. V., Kolpakova E. S., Orlov A. S. Concentrations of Persistent Organochlorine Pollutants in Peatlands of the Arkhangelsk Oblast // Solid Fuel Chemistry. 2024. V. 58. № 4. P. 245–250.

**Накопление тяжелых металлов в эпифитных лишайниках на  
древесном субстрате болотных фитоценозов  
в юго-восточном Приладожье**  
*М. Н. Катаева\*, А. И. Беляева*

**Accumulation of heavy metals in epiphytic lichens growing on woody  
substrate in mire phytocoenoses in the south-eastern Ladoga region**  
*M. N. Kataeva\*, A. I. Belyaeva*

Ботанический институт им. В. Л. Комарова РАН  
\*mkmarikat@gmail.com

Ключевые слова: *эпифитные лишайники, болота, тяжелые металлы.*  
Key words: *epiphytic lichens, mires, heavy metals.*

Известно, что состав воздуха по сравнению с другими средами, подвержен наибольшему изменению. Биоиндикационные методы с использованием эпифитных лишайников широко применяются при оценке промышленного загрязнения. В северо-западном регионе расположены крупные города и промышленные центры, что создает возможность загрязнения лесов окружающих районов. Под влиянием полога древостоя в лесных сообществах изменяется состав осадков. В условиях болот накопление тяжелых металлов в талломах лишайников более определенно характеризует условия атмосферного загрязнения. Накопление тяжелых металлов в лишайниках связано с поступлением загрязняющих веществ, с количеством осадков. Особенности роста эпифитных лишайников на болотах связаны с микроклиматическими условиями при слабом влиянии крон деревьев. Содержание тяжелых металлов в талломах разных видов лишайников не изучено, не установлено также влияние вида форофита. Оценок влияния эколого-ценотических условий на содержание тяжелых металлов в лишайниках сделано мало. В лесных сообществах около Ладожского озера изучено разнообразие лишайников [1]. Количество эпифитных лишайников на разных форофитах и субстратах на болотах в северо-западном регионе может насчитывать до 49 видов [2].

В таежных фитоценозах на северо-западе России в южной части Ладожско-Онежского перешейка в двух видах лишайников *Evernia mesomorpha* Nyl. и *Bryoria fuscescens* (Gyeln.) Brodo et D. Hawksw. определяли концентрации тяжелых металлов. Лишайники были собраны в болотных сообществах средней тайги в 2022 и 2024 гг., в бассейне р. Свирь, юго-восток побережья Ладожского озера, вне зон влияния атмосферного загрязнения.

Образцы лишайников собирали на стволах березы пушистой *B. pubescens* Ehrh., также на сосне в осоково-кустарничково-сфагновом

сообществе, на краю массива обширного болота, на стволах молодых деревьев березы – 30–40 лет. Сделан анализ 10 образцов *Evernia mesomorpha* с березы, 2 шт. на сосне; *Bryoria fuscescens* – 5 шт. с березы, этот вид был собран на сухостойной сосне. Диаметр оснований стволов берез 5,5–6 см, высота 2,5–3,5 м. Сосны низкорослые, высота 3,0–3,5 м. Концентрации химических элементов в образцах определены на атомно-абсорбционном спектрофотометре КВАНТ-АФА.

В результате анализа установлено, что содержание тяжелых металлов на березе отличается у двух видов лишайников. Лишайник *Evernia mesomorpha* встречается в ненарушенных лесных сообществах, чаще предпочитает расти на сырой и влажной древесине. Возможно, что различия концентраций в *E. mesomorpha* с кустистым видом *B. fuscescens* связаны со скоростью их роста на стволах березы, более низкой у *B. fuscescens* (табл.).

Таблица. Концентрации тяжелых металлов в лишайниках, мг/кг.

Форофит	Ni	Cu	Pb	Cd	Fe	Mn	Zn
<i>Evernia mesomorpha</i>							
Береза	0,56±0,2	1,67±0,2	1,47±0,4	0,066±0,02	282±47	26±4	27±2
Сосна	0,95±0,1	2,34±0,2	1,22±0,1	0,072±0,01	340±10	25±3	29±3
<i>Bryoria fuscescens</i>							
Береза	0,78±0,2	1,90±0,3	2,32±0,6	0,124±0,02	174±63	76±21	41±6
Сосна	0,35±0,05	2,2±0,1	3,00±0,4	0,188±0,0	114±5	84±2	31±1

В кроне сосны в лишайнике *E. mesomorpha* выше концентрация Fe (340 мг/кг). Приоритетные металлы загрязнители в регионе – Cd и Pb, показано, что накопление этих элементов на сосне и березе в эвернии мало отличается. В талломах *Bryoria fuscescens* на березе содержатся более высокие концентрации Mn, по сравнению с *E. mesomorpha*, в 2,9 раз. Концентрации Fe выше в эвернии (в 1,62 раза). Выявлены различия содержания металлов между видами лишайников. В *Bryoria fuscescens* – в 1,14 раз выше Cu, в 1,86 раз выше Cd. На березе в *B. fuscescens* выше содержание Zn (в 1,53 раза). Накопление тяжелых металлов в талломах лишайников отличается на разных форофитах и субстратах, что следует учитывать при определении фоновых значений и биомониторинге.

*Работа выполнена по плановой теме НИР 2021–2025г. № 121032500047-1 «Растительность европейской части России и северной Азии: разнообразие, динамика и принципы организации».*

#### Список литературы.

1. Сорокина И. А., Степанчикова И. С., Гимельбрант Д. Е., Ликсакова Н. С., Спирин В. А., Кушневская Е. В., Гагарина Л. В., Ефимов П. Г. Краткие



- очерки трех планируемых ООПТ востока Ленинградской области // Ботанический журнал. 2017. Т. 102. № 9. С. 1270–1289.
2. Чхобадзе А. Б., Филиппов Д. А. Лишайники болот охраняемого природного комплекса «Онежский» (Вологодская область) // Бюллетень Брянского отделения РБО. Брянск. 2015. №2 (6). С. 7–16.

**Особенности самоочищения грядово-мочажинного болота при  
солевом загрязнении (Сургутская низина, Западная Сибирь)**

*В. Н. Тюрин, В. А. Харбака, Т. Р. Мельник, М. В. Змеева*

**Self-cleaning features of a ridge-hollow bog at salt pollution  
(Western Siberia)**

*V. N. Tyurin, V. A. Kharbaka, T. R. Melnik, M. V. Zmeeva*

Сургутский государственный университет

*\*tyurin\_vn@mail.ru*

Ключевые слова: *грядово-мочажинное болото, солевое загрязнение, подтоварные воды.*

Key words: *ridge-hollow bog, salt pollution, produced waters.*

Олиготрофное грядово-мочажинное болото, загрязненное в 2015 г. подтоварными водами на площади около 5 га (участок мониторинга №4 Восточно-Сургутского месторождения), расположено в среднетаежной подзоне, в 12 км к северо-востоку от г. Сургут. Наблюдение на нем ведется с 2020 г. в 9-ти точках (1, 2, 2б, 3, 4, 5, 6, 7, 8); параллельно в 200 м к северу обследуется фоновый участок (точки 11, 12, 13, 14, 15, 16).

При выявлении загрязнения были использованы космоснимки из Google Earth, при его оценке – данные полевых измерений электропроводности и pH, а также результаты анализа проб торфяных почв и болотных вод на содержание хлоридов, нефтепродуктов и некоторых других показателей.

В представленном сообщении анализ динамики загрязнения выполнен преимущественно по электропроводности (табл.), частично – по содержанию ионов хлора.

Полученные сведения показали низкую скорость вымывания загрязнителя. Спустя 10 лет после аварии (2024 г.) сохранилось 9-12-кратное превышение значений электропроводности над фоном на удалении до 200 м от источника загрязнения (точки 2-5). При этом концентрация хлоридов в болотных водах на указанном отрезке оказалась в 56-74, а в пробах верхнего горизонта почв в 21-137 раз выше фоновых

значений. Слабая самоочищающая способность грядово-мочажинного болота может быть связана с малым уклоном поверхности подобного рода микроландшафтов [2], широко распространенных в Сургутской низине. Низкая скорость вымывания солей также указана для других территорий.

Таблица. Электропроводность болотных вод, мкСм/см

Точки	1(р)	2(р)	2b	3	4	5	6	7	8	Фон, ср.
удал., м	0	20	50	90	140	200	250	300	350	
2020 г.	378	772	н/д	600	632	603	511	н/д	н/д	70±3
2022 г.	154	н/д	1626	735	870	982	469	218	114	76±3
2023 г.	148	2140	1000	918	1230	1030	529	227	141	76±3
2024 г.	131	928	730	710	880	711	325	177	125	86±4
ср. 2020-2024	203	1280	1119	741	903	832	459	207	127	77±2*
2020/2024	2,89	0,83	н/д	0,85	0,72	0,85	1,57	н/д	н/д	
З/Ф ср.	2,6	16,6	14,5	9,6	11,7	10,8	5,9	2,7	1,6	

Примечание: \* расчет общий для фоновых точек 11-16 за 2020-2024 гг. Сокращения: (р) – участок рекультивации, удал. – удалённость от источника загрязнения в сторону понижения, Фон, ср. – среднее значение для фоновых точек 11-16, ср. 2020-2024 – среднее значение по точкам для 2020-2024 гг., 2020/2024 – отношение 2020 г. к 2024 г., З/Ф ср. – отношение параметра на загрязненном участке к фону, н/д – нет данных.

В частности, на обследованном В. А. Андрохановым с соавт. Васюганском болоте [1] через 5 лет после загрязнения «ряма» отмечена минерализация болотных вод до 1 г/л. Иные результаты нами были получены для кустарничково-сфагнового болота Восточно-Сургутского месторождения [5], на котором за 5 лет происходит снижение электропроводности до значений близких к фону. Сходный оптимистический прогноз дается для переходного олиго-мезотрофного болота (северная тайга Западной Сибири) [3], а также для заболоченных участков Саянско-Тасовского месторождения (средняя тайга Западной Сибири) [4].

Таким образом, существенные различия в скорости самоочищения болот отражают сильную зависимость показателя от структуры болотных микроландшафтов и их гидрологических особенностей.

Наблюдение на обследованном нами участке с 2020 по 2024 гг. показало также отсутствие выраженной тенденции к самоочищению болота за последние пять лет: изменение физико-химических параметров, имеющее разнонаправленный характер, может в большей мере зависеть от гидрологических условий конкретного года и возможного повторного загрязнения.

*Авторы благодарят О.В. Масловскую за участие в организации и ведении мониторинга.*

#### Список литературы.

1. Андроханов В. А., Ермолов Ю. В., Махатков И. Д. Техногенные солевые загрязнения центральной части Васюганского болота // Экологическая, промышленная и энергетическая безопасность. Материалы международной научно-практической конференции (Севастополь, 14–17 сентября 2020 г.). Севастополь, 2020. С. 74-78.
2. Болота Западной Сибири, их строение и гидрологический режим. Л., 1976. 448 с.
3. Ермолов Ю. В., Махатков И. Д., Миляева Е. В. Самоочищение засоленного торфяника по данным кондуктометрических съемок // Западно-Сибирские торфяники и цикл углерода: прошлое и настоящее. Материалы третьего Международного полевого симпозиума (Ханты-Мансийск, 27 июня – 5 июля 2021). Новосибирск, 2011. С. 124-126.
4. Соромотин А. В., Гашев С. Н., Казанцева М. Н. Солевое загрязнение таежных биогеоценозов при нефтедобыче в Среднем Приобье // Проблемы географии и экологии Западной Сибири. Сборник научных статей. Тюмень, 1996. С. 121-131.
5. Tyurin V. N., Kharbaka V. A., Maslovskaya O. V. Multy-year dynamics of some physico-chemical parameters in mire water at the site of salt pollution of the raised bog (Vostochno-Surgutskoye oil field, Western Siberia) // Динамика окружающей среды и глобальные изменения климата. 2024. Т. 15. № 2. С. 105-111.

#### **Верховые болота водосбора Белого моря как природные архивы поступления тяжелых металлов из атмосферы**

*В. П. Шевченко*

#### **Raised bogs of the White Sea catchment area as natural archives of heavy metals delivered from the atmosphere**

*V. P. Shevchenko*

Институт океанологии им. П. П. Ширшова РАН

*vshevch@ocean.ru*

Ключевые слова: *верховые болота, водосбор Белого моря, природные архивы, тяжелые металлы, атмосфера, ИСП-МС, загрязнение.*

Key words: *raised bogs, White Sea catchment area, natural archives, heavy metals, atmosphere, ICP-MS, pollution.*

Торфяные залежи верховых болот являются одним из природных архивов, накапливающих тяжелые металлы, поступающие из атмосферы [3–6], т.к. они не связаны с минеральным грунтом и в основном находятся вне зоны влияния грунтовых вод [1]. Ранее было показано, что Pb, Sb, As,

Hg, поступающие в болота, в основном связываются верховым торфом, обладающим высокой сорбционной способностью по отношению к тяжелым металлам, и остаются в том слое, в который они поступили [6].

В данном докладе обобщены результаты исследования содержания тяжелых металлов в торфе верховых болот водосбора Белого моря, выполненных автором с коллегами (Иласское и Шиченгское болота [3–5]) и литературные данные [2].

Керны на Иласском и Шиченгском болотах были отобраны на грядах русским торфяным буром, изготовленным из нержавеющей стали, и разрезаны на слои толщиной в основном 10 см. Пробы упаковывали в полиэтиленовые пакеты и до обработки хранили в холодильнике. Химические анализы выполняли после высушивания торфа при температуре 35–40°C, растирки в агатовой ступке и разложения растертых проб смесью сильных кислот ( $\text{HNO}_3$  и  $\text{HF}$ ) и перекиси водорода  $\text{H}_2\text{O}_2$  в тefлоновых сосудах методом масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой (ИСП-МС) [3–6].

Для выявления вклада литогенного и иных (антропогенный, биогенный) источников осадочного вещества был вычислен коэффициент обогащения (КО) по формуле:  $\text{КО} = (\text{Элемент}/\text{Al})_{\text{пробы}}/(\text{Элемент}/\text{Al})_{\text{з.к.}}$ , где “Элемент” и Al – это содержание элемента и алюминия в пробе и земной коре (з.к.) соответственно [7].

Исследования элементного состава отложений Иласского верхового болота показало, что содержание большинства химических элементов определяется вкладом литогенного и биогенного источников; содержание токсичных металлов находится на фоновом уровне [4]. Только для Zn, Sb, Pd и Cd удалось выявить повышение их обогащения с начала активного развития промышленности в Европе до начала XXI века, они поступали в болото за счет дальнего воздушного переноса и осаждения из атмосферы. В верхних 100 см разреза отложений Шиченгского болота отмечено повышенное содержание Zn, Cd, Sb, Tl, Pb, Bi, ассоциированных с техногенным загрязнением [5].

В работе [2] отмечается, что содержание Pb, Cd, Hg, As в отложениях изученных ими верховых болот относительно невысоки.

*Автор признателен Н. А. Демиденко, В. К. Карандашеву, О. Л. Кузнецову, С. А. Кутенкову, О. С. Покровскому, Н. В. Политовой, Д. П. Стародымовой, Д. А. Филиппову за помощь в исследованиях. Работа выполнена в рамках государственного задания ИО РАН (тема № FMWE-2024-0020).*

#### Список литературы.

1. Пьявченко Н. И., Сибирева З. А. О роли атмосферной пыли в питании болот // Доклады Академии наук СССР. 1959. Т. 124. № 2. С. 414–417.

2. Татаринцева В. Г., Котова Е. И., Орлов А. С. Металлы и As в торфе верховых болот Архангельской области // Успехи современного естествознания. 2022. № 6. С. 60–65.
3. Шевченко В. П., Алиев Р. А., Бобров В. А. и др. Эоловый материал в природных архивах // Система Белого моря. Т. II. Водная толща и взаимодействующие с ней атмосфера, криосфера, речной сток и биосфера. М.: Научный мир, 2012. С. 70–107.
4. Шевченко В. П., Кузнецов О. Л., Политова Н. В. и др. Поступление микроэлементов из атмосферы, зарегистрированное в природном архиве (на примере Иласского верхового болота, водосбор Белого моря) // Доклады Академии наук. 2015. Т. 465. № 5. С. 587–592.
5. Шевченко В. П., Филиппов Д. А., Стародымова Д. П., Демиденко Н. А. Содержание тяжелых металлов и металлоидов в торфе Шиченгского верхового болота (Вологодская область) // Материалы конференции «XII Галкинские Чтения – типы болот регионов России» (Санкт-Петербург, 3 февраля 2023 г.). СПб.: БИН РАН, 2023. С. 102–103.
6. Rausch N., Nieminen T., Ukonmaanaho L. et al. Comparison of atmospheric deposition of copper, nickel, cobalt, zinc, and cadmium recorded by Finnish peat cores with monitoring data and emission records // Environ. Sci. Technol. 2005. V. 39. P. 5989–5998.
7. Rudnick R. L., Gao S. Composition of the continental crust // Treatise on Geochemistry. V. 3. The crust. Amsterdam: Elsevier, 2003. P. 1–64.

# ЗАПАСЫ УГЛЕРОДА И ЭМИССИЯ ГАЗОВ С ПОВЕРХНОСТИ БОЛОТ

## Эмиссия $\text{CH}_4$ и $\text{CO}_2$ с поверхности водных объектов болот таежного и тундрового ландшафтов

С. А. Забелина, А. В. Чупаков, С. Д. Прасолов,  
Л. С. Широкова, Н. С. Трудова

## $\text{CH}_4$ and $\text{CO}_2$ emission from water bodies of bogs of taiga and tundra landscapes

S. A. Zabelina, A. V. Chupakov, S. D. Prasolov, L. S. Shirokova, N. S. Trudova

Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики  
им. Н. П. Лаверова УрО РАН  
gumin@fciaarctic.ru

Ключевые слова: метан, углекислый газ, таежный и тундровый ландшафты, гидрологический континуум, торфяник.

Key words: methane, carbon dioxide, taiga and tundra landscapes, hydrological continuum, peatland.

Внутренние воды заболоченных территорий являются важным компонентом глобального цикла углерода. В России представлены более трети болот мира [3] и, благодаря разнообразию географических условий, широкий спектр их природных вариантов. Вместе с тем, недостаточно изучен вопрос круговорота углерода в водах мерзлых и немерзлых торфяников, особенно в части причин и механизмов пересыщения этих вод углекислым газом ( $\text{CO}_2$ ) и значительным потокам углерода. По последним оценкам, эмиссия углерода из озер и рек вечномёрзлых торфяников значительно превышает латеральный поток углерода в океан [2, 5, 6]. В данной работе представлены результаты сравнительной оценки потоков метана ( $\text{CH}_4$ ) и  $\text{CO}_2$  с поверхности водных объектов вдоль гидрологических континуумов, дренирующих торфяные залежи в таёжной зоне (Иласский болотный массив (ИБМ) – река Черная) и тундровой, с островным развитием многолетнемерзлых пород (Большеземельская тундра (БЗТ) – река Пятумбой). Концентрации  $\text{CH}_4$  и  $\text{CO}_2$  определяли методом газовой хроматографии. Диффузионные потоки  $\text{CH}_4$  и  $\text{CO}_2$  с поверхности водоемов рассчитывали по пленочной модели приграничного слоя [4]. Расчет для водотоков (р. Черная, р. Пятумбой, мелкие ручейки, стекающие с болота) проводился по методике с учетом скорости течения и уклона водотока [1].

Сравнительный анализ концентрации  $\text{CO}_2$  и  $\text{CH}_4$  в объектах континуумов продемонстрировал сходство между таежным и тундровым

ландшафтами. Для водных объектов БЗТ высокие концентрации  $\text{CO}_2$  в зимний период сохраняются на длительном расстоянии, тогда как для ИБМ не выходили за пределы болотного массива, что связано с ограниченностью зимнего стока с ИБМ. В период открытой воды концентрации  $\text{CO}_2$  вдоль гидрологических континуумов увеличиваются в силу абиотических факторов (подземный сток, доступность минеральных горизонтов почв и т.д.). Для малых объектов начала водосбора (мочажины, просадки) решающая роль в динамике  $\text{CO}_2$  принадлежит биотическим факторам. Концентрация  $\text{CH}_4$  более подвержена локальным изменениям вдоль континуумов. Наибольшие значения концентраций были получены в небольшом (несколько см) слое подледной воды термокарстовых озер ( $360 \text{ } \mu\text{M}$ ). В остальные периоды года для термокарстовых озер наблюдаются повышенные концентрации метана (до  $19 \text{ } \mu\text{M}$ ), их донные отложения – круглогодичный источник метана. Для таежного континуума пики концентраций фиксируются во внутренних болотных водах, истоках ручьев и в точке отбора притока после заболоченного участка. Т.е. динамика метана по континууму связана с наличием анаэробных зон с замедленным водообменом и низким значением соотношения вода/субстрат.

Максимальные расчетные потоки  $\text{CO}_2$  для обоих континуумов были зафиксированы не для мочажин, просадок и озер, а на расстоянии 5-10 км (ИБМ  $108\text{-}207 \text{ mM/m}^2\text{*сут}$ , БЗТ 31 до  $432 \text{ mM/m}^2\text{*сут}$ ). Это связано с увеличением концентрации РНУ, скоростью течения и др. Важная особенность потоков  $\text{CO}_2$  состоит в том, что на отдельных участках обоих континуумов наблюдается его поглощение. Более высокие значения эмиссии метана наблюдались в тундровых водах ( $0,01\text{-}454 \text{ mM/m}^2\text{*сут}$ ), для ИБМ ( $0,03\text{-}115 \text{ mM/m}^2\text{*сут}$ ). Большой потенциал по эмиссии метана связан с большим распространением торфяников и термокарстовых озер по континууму, а также влиянием таяния многолетнемерзлых пород, и высвобождением запечатленного в них газа.

#### Список литературы.

1. Casas-Ruiz J. P., Hutchins R. H. S., Giorgio P. A. Total Aquatic Carbon Emissions Across the Boreal Biome of Québec Driven by Watershed Slope // *Journal of Geophysical Research. Biogeosciences*. 2021. V. 126. № 1. doi: 10.1029/2020JG005863 1
2. Cole J. J., Caraco N. F. Atmospheric exchange of carbon dioxide in a low-wind oligotrophic lake measured by the addition of  $\text{SF}_6$  // *Limnology and Oceanography*. 1998. V. 43. № 4. P. 647-656. 2
3. Global Peatland Database. International Mire Conservation Group. <http://www.imcg.net> 3
4. Liss P., Slater P. Flux of Gases across the Air-Sea Interface // *Nature*. 1974. V. 247. P. 181-184. 4

5. Serikova S., Pokrovsky O. S., Laudon H. [ et al.] High carbon emissions from thermokarst lakes of Western Siberia // Nature Communications. 2019. V. 10. № article 1552. doi: 10.1038/s41467-019-09592-1 5
6. Zabelina S. A., Shirokova L. S., Klimov S. I. et al. Carbon emission from thermokarst lakes of NE European tundra // Limnology and Oceanography. 2021. V. 66. P. 216-230. doi: 10.1002/lno.11560 6

**Запас углерода в фитомассе естественных и осушенных участков  
верховых болот лесоболотного стационара Киндасово (Карелия)**

*С. А. Кутенков, О. Л. Кузнецов, Л. В. Канцерова, В. Л. Миронов,  
П. А. Игнашов, Е. Л. Талбонен, В. С. Васюта*

**Phytomass carbon stocks of natural and drained raised bogs  
of the Forest-Mire Station Kindasovo (Karelia)**

*S. A. Kutenkov, O. L. Kuznetsov, L. V. Kantserova, V. L. Mironov,  
P. A. Ignashov, E. L. Talbonen, V. S. Vasyuta*

Институт биологии Карельского научного центра РАН  
*\*effort@krc.karelia.ru*

Ключевые слова: *средняя тайга, пулы углерода, растительность болот, мелиорация.*

Key words: *middle taiga, carbon pools, mire vegetation, drainage.*

В последние десятилетия, в связи с изменениями климатической повестки, отмечается повышение интереса к оценке запасов углерода болот [2]. Важнейшим пулом углерода болот является торфяная залежь. Однако исходным звеном в накоплении углерода болотами являются растения, и объективная оценка запасов углерода требует изучения его пулов в растительности болотных участков с различающимися экологическими условиями [3, 4]. Исследования фитомассы различных типов болотных участков ранее проводились в Карелии [1], однако пулы углерода в ней до недавнего времени не оценивались.

С целью изучения запасов углерода в живой фитомассе проведены исследования на естественных верховых массивах болотной системы Койвуламбисуо и расположенном рядом осушенном верховом болоте Риттусуо на территории лесоболотного стационара Киндасово (средняя тайга, Карелия). Осушение Риттусуо проведено в 1972 году сетью открытых каналов с шагом 130–170 метров. Уход за мелиоративной сетью не проводился, осушители к настоящему времени заросли в различной степени. В исследования включены две характерные фации верховых



болот – грядово-мочажинные комплексы (ГМК) и сосново-кустарничково-пушицево-сфагновые участки (СКС) в естественном состоянии и через 52 года после осушения. Оценены запасы живой фитомассы древостоя, мхов, надземной части и подземных органов травяно-кустарничкового яруса, проведен пересчет на содержание углерода.

В случае открытых ГМК наблюдается значительное различие в реакции растительности вблизи осушителей (в полосе до 25 м) и на удалении от них. Древостой ГМК отреагировал увеличением густоты, в приканальной полосе число деревьев и подроста превышает естественные участки в 5,4 раза, на удалении – в 4,5 раза. Кроме увеличения густоты ожидаемо возрос и запас древесного яруса. В пересчете на углерод запас стволовой древесины ГМК достиг, в среднем, около 100 гС/м<sup>2</sup> на удалении и 380 гС/м<sup>2</sup> вблизи осушителя, при 10 гС/м<sup>2</sup> на естественных участках. Тем не менее, хотя древостой и отреагировал на осушение, лесоводственный эффект мелиорации оказался крайне низким. В СКС с изначально высокой густотой древостоя реакция данного параметра на осушение малозначительна, при этом средний запас превышает естественные участки более чем в два раза: 580 против 250 гС/м<sup>2</sup>.

Заметна реакция на осушение и травяно-кустарничкового яруса. В ГМК она особенно проявляется в приканальной полосе. Пул углерода в фитомассе кустарничков составляет здесь на грядах до 156 гС/м<sup>2</sup>, по сравнению со 105 гС/м<sup>2</sup> в естественных условиях. В мочажинах пул углерода кустарничков возрастает с 13 до 22 и начинает превышать запас углерода в травах (преимущественно пушице), снижающийся при осушении с 18 до 14 гС/м<sup>2</sup>. На удалении от осушителя травяно-кустарничковый ярус мочажин реагирует менее выражено, а на грядах соответствует естественным участкам. В СКС на повышенных участках запас кустарничков возрастает со 130 до 220, на пониженных – с 64 до 140 гС/м<sup>2</sup>, при снижении запаса трав с 2 до 0,4 и с 10 до 5 гС/м<sup>2</sup>, соответственно.

Значительно, в 2-3 раза, при осушении сократился запас живой фитомассы мхов в ГМК как на грядах, так и в мочажинах, в особенности эффект проявляется для мочажин, попавших в приканальную полосу, где пул углерода снизился до 130, по сравнению с 492 гС/м<sup>2</sup> в естественных условиях. В осушенных СКС запас фитомассы мхов также заметно ниже, чем в естественных, особенно на пониженных участках – 80 и 540 гС/м<sup>2</sup>, соответственно.

Запас живой подземной фитомассы осушенных участков обоих типов оказался на 10-30% ниже, чем в естественном состоянии и в целом соотношение надземной и подземной фитомассы на них выше. Суммарный пул углерода живой фитомассы осушенных ГМК на 10% ниже, а осушенных СКС на 15% выше, чем естественных.

*Работа выполнена в рамках реализации важнейшего инновационного проекта государственного значения «Разработка системы наземного и дистанционного мониторинга пулов углерода и потоков парниковых газов на территории Российской Федерации, обеспечение создания системы учета данных о потоках климатически активных веществ и бюджете углерода в лесах и других наземных экологических системах» (рег. № 123030300031-6) и государственного задания ИБ КарНЦ РАН «Болотные экосистемы в естественных и трансформированных условиях Европейского Севера: разнообразие, динамика, бриофлора и природоохранная ценность» (№ 122031700449-3). Анализ образцов выполнен с использованием оборудования ЦКП КарНЦ РАН.*

#### Список литературы.

1. Елина Г. А., Кузнецов О. Л., Максимов А. И. Структурно-функциональная организация и динамика болотных экосистем Карелии. Л: Наука, 1984. 128 с.
2. Куприянова Ю. В. Методы изучения болотных экосистем на фоне мировой климатической повестки и углеродной отчетности России // Болота Северной Евразии: биосферные функции, разнообразие и управление. Тезисы докладов Международного симпозиума (Петрозаводск, 25–28 сентября 2023 года). Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2023. С. 48.
3. Piyasov D. V., Meshcheryakova A. V., Glagolev M. V., Kupriianova I. V., Kaverin A. A., Sabrekov A. F., Kulyabin M. F., Lapshina E. D. Field-Layer Vegetation and Water Table Level as a Proxy of CO<sub>2</sub> Exchange in the West Siberian Boreal Bog // Land. 2023. V. 12. I. 3. № article 566. doi: 10.3390/land12030566
4. Kutenkov S. A., Kuznetsov O. L., Kantserova L. V., Mironov V. L., Ignashov P. A., Talbonen E. L., Vasyuta V. S. Phytomass carbon pools of Koivulambisuo mire system (South Karelia) // Environmental Dynamics and Global Climate Change. 2024. V.15. I. 1. P. 68-73.

### **Трансформация органического вещества в условиях олиготрофного болота**

*Т. И. Пономарева, А. К. Штанг*

### **Transformation of organic matter in oligotrophic bog**

*T. I. Ponomareva\*, A. K. Shtang*

ФГБУН Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики имени акад. Н. П. Лаверова УрО РАН

*\*ponomtamara@gmail.com*

Ключевые слова: *деструкция растительной биомассы, Tea Bag Index, константа разложения, фактор стабилизации, опад сосудистых растений, очес сфагновых мхов.*

Key words: *degradation of plant biomass, Tea Bag Index, decomposition constant, stabilization factor, vascular plant litter, Sphagnum moss tirr.*

В бореальной зоне верховые болота занимают значительные пространства, выступая одним из крупнейших глобальных пулов углерода. Функция депонирования углерода болотами – это комплексный процесс преобразования остатков растений-торфообразователей в торфяной залежи, занимающий длительное время и определяемый комплексом условий, включая гидрологические, физико-химические, микробиологические и др.

**Цель данного исследования** состояла в изучении процесса трансформации органического вещества в условиях олиготрофных болот с учетом комплексности строения микроландшафтов.

Объектом исследования выступил Иласский болотный массив. Исследования проводили способом закладки растительного материала: как стандартизированного (зеленый чай и фиточай ройбуш) с применением методики TeaBagIndex [2], так и традиционного метода закладки растений-торфообразователей в залежь [1]. Оценку связи процессов разложения с факторами среды проводили методом PCA.

Проведенные исследования показали, что скорость разложения растительных остатков зависит как от комплекса параметров торфяной залежи (уровней болотных вод, влажности, прогрева и pH), так и от параметров растительных сообществ (структуры и состава), формирующих растительный покров комплексных микроландшафтов болотного массива. Стабилизация лабильного органического вещества для последующего депонирования в торфяной залежи определяется комплексом как конкурентных, так и взаимодополняющих взаимодействий компонентов экосистемы. Процессы разложения и стабилизации органического вещества притекают в торфяной залежи одновременно, дополняя друг друга. Поэтому, для акротелма, соотношение константы скорости разложения лабильного органического вещества и фактора его стабилизации допустимо использовать описания специфики процессов начального разложения растительных остатков.

На участках с активно протекающим болотообразовательным процессом (экотонная зона «лес-болото» и формирующийся грядово-мочажинный комплекс) убыль органического вещества высока, однако максимальный прирост биомассы сфагновых мхов – основных торфообразователей залежи верхового типа способствует повышенной скорости торфонакопления. На участках, где болотообразовательный процесс стабилен или затухает (сформировавшийся ГМК и ГОК) при достаточно высокой скорости разложения на грядах, стабилизация органического вещества, закономерно, выше, чем в мочажине вследствие избыточной обводнённости и умеренной прогретости торфяной залежи в последнем случае, что создает благоприятные условия для жизнедеятельности микробиоты, и более активной ассимиляции органического вещества, вызывающего его минерализацию.

*Источник финансирования: Работа за счет средств Министерства высшего образования и науки Российской Федерации (проект № 125021902579-1).*

Список литературы.

1. Никонова Л. Г., Головацкая Е. А., Курьина И. В., Курганова И. Н. Скорость разложения растений-торфообразователей в олиготрофных болотах южно-таежной подзоны Западной Сибири: оценка влияния уровня болотных вод и температуры торфяной залежи // Почвоведение. 2019. № 9. С. 1092-1103.
2. Keuskamp J. A., Dingemans B. J. J., Lehtinen T., Sarneel J. M., Hefting M. M. Tea Bag Index: a novel approach to collect uniform decomposition data across ecosystems // Methods in Ecology and Evolution. 2013. V. 4. P. 1070-1075. doi: 10.1111/2041-210X.12097

**Сезонная изменчивость растворенных форм углерода  
в гидрологическом континууме торфяных болот  
на примере Иласского болотного массива**

*Н. С. Трудова\*, А. А. Чупакова, Л. С. Широкова*

**Seasonal variability of dissolved forms of carbon in the hydrological  
continuum of peat bogs on the example of the Ilas bog complex**

*N. S. Trudova, A. A. Chupakova, L. S. Shirokova*

ФГБУН Федеральный исследовательский центр комплексного изучения  
Арктики имени акад. Н. П. Лаверова УрО РАН

*\*miss.trudova.2303@yandex.ru*

Ключевые слова: *органический и неорганический углерод, удельное УФ-поглощение, поверхностные воды, торфяное болото, Иласский болотный массив.*

Key words: *organic and inorganic carbon, SUVA, surface waters, peat bog, Ilas bog complex.*

Болотные экосистемы играют ключевую роль в углеродном цикле, являясь основными накопителями углерода в природе. Однако также выделяют углерод ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$ ) с поверхности водных систем в атмосферу при определенных условиях. Поэтому изучение трансформации углерода в болотных экосистемах важно для понимания биогеохимических процессов и их влияния на климатические изменения [1].

Исследуемый гидрологический континуум Иласского болотного массива включает реку Черная (рис.), расположенный в Приморском

районе Архангельской области, и представлен системой олиготрофных болот с грядово-озерково-мочажинными ландшафтами [4, 5].



Рисунок. Карта-схема исследуемого объекта с описанием точек отбора.

Отбор и обработка проб проводилась в разные сезоны с 2022 по 2024 гг. в поверхностном горизонте с использованием фильтров 0,22 мкм. Растворенный органический (РОУ) и неорганический углерод (РНУ) определяли на анализаторе общего углерода методом каталитического окисления. Спектры поглощения (SUVA) снимались в видимом УФ-диапазоне на спектрофотометре [2, 3].

Средняя концентрация РОУ вдоль водотока I1-1...4 варьировалась от 32 до 57 мг/л по всем сезонам. Для водных объектов грядово-озерково-мочажинного комплекса содержание РОУ варьировалось от 9 до 19 мг/л – для озер; от 27 до 46 мг/л в мочажинах. По мере удаления от болот прослеживалось уменьшение РОУ вдоль водотока I1-1...4. Для I2-1...4 также характерно уменьшение, но с некоторым приростом до пункта I2-3, т. к. ручей частично протекает через болотистую местность – дополнительный источник углерода. Наибольшие концентрации характерны для летнего периода, что связано с включением болот в общий сток и интенсификацией продукционно-деструкционных процессов. Содержание РНУ для I1-1...4 составило от 2 до 5 мг/л. Для I2-1...4 – 1...4 мг/л. В других водных объектах содержание РНУ варьировалось от 0,34 до 0,48 мг/л – озерные воды; от 0,40 до 0,64 мг/л – мочажины. Наблюдалось возрастание концентрации вдоль водотока, что указывает на вклад грунтовых вод в гидрохимический сток.

В целом наблюдалось преобладание концентраций РОУ над РНУ, с некоторыми исключениями для ручьев зимой в период незначительного влияния болотного стока. Показатель  $SUVA_{254}$  вдоль водотока I1-1...4

варьировался от 4 до 4,6. Для ручья I2-1...4 – 3,84...4,39. Для озер и мочажин среднее значение – 3,60 и 3,40 соответственно. По мере удаления от болот показатель постепенно возрастал, что указывает на уменьшение гуминовых веществ, один из источников которого – торф. Однако вдоль водотоков прослеживалось и понижение, что говорит о влиянии на гидрохимический сток дополнительных источников.

Полученные результаты позволяют оценить, как болотный массив влияет на распределение растворённых форм углерода в окружающей среде. Это может быть важно для понимания биогеохимических процессов, происходящих в гидрологическом континууме и их влияния на климатические изменения.

#### Список литературы.

1. Кирпотин С. Н. Болотный «кондиционер» планеты // Наука из первых рук. 2021. № 3-4 (92).
2. Лозовик П. А., Морозов А. К., Зобков М. Б. и др. Аллохтонное и автохтонное органическое вещество в поверхностных водах Карелии // Водные ресурсы. 2007. Т. 34. № 2. С. 225-237.
3. Чупакова А. А., Чупаков А. В., Неверова Н. В. и др. Растворенный органический и неорганический углерод в разнотипных озерах бореальной зоны // Проблемы региональной экологии. 2023. № 6. С. 49-55.
4. Ponomareva T., Selyanina S., Shtang A. et al. Transformation of an Oligotrophic Sphagnum Bog during the Process of Rewetting // Land. 2021. V. 10. I. 7. № article 670. doi: 10.3390/land10070670
5. Zubov I. N., Orlov A. S., Selyanina S. B. et al. Redox potential and acidity of peat are key diagnostic physicochemical properties for the stratigraphic zones of a boreal raised bog // Mires and Peat. 2022. V. 28. № article 5. P. 1-16.

### **Оценка закономерностей миграции органического углерода в малом речном бассейне на отрогах Васюганского болота**

*Ю. А. Харанжевская*

### **Patterns of dissolved organic carbon export from a small river basin of the Great Vasyugan Mire**

*Yu. A. Kharanzhevskaya*

Сибирский НИИ сельского хозяйства и торфа-филиал СФНЦА РАН  
Томский государственный университет  
*kharan@yandex.ru*

Ключевые слова: *болото, речные воды, растворенный органический углерод, миграция, условия, Западная Сибирь.*

Key words: *mire waters, river waters, dissolved organic carbon, release, conditions, Western Siberia.*

Болота аккумулируют углерод в виде торфяных залежей при непосредственном газообмене с атмосферой. Вынос растворенного органического углерода с болот в реки является важным компонентом баланса углерода. В рамках данной работы был выполнен анализ закономерностей пространственно-временных изменений содержания растворенного органического углерода в водах Васюганского болота и водоприемника – малой реки Ключ.

Исследования проводились на небольшом ключевом участке на северо-восточных отрогах Васюганского болота (Бакcharское болото, Стационар «Васюганский», с. Полынянка, Томская область). Отбор проб природных вод проводился одновременно за период апрель-сентябрь 2021-2024 года по профилю, который включал в себя участки Васюганского болота: осоково-сфагновая топь (П5), сосново-кустарничково-сфагновый болотный микроландшафт с высокой (П2) и низкой сосной (П3), заболоченный лес и русло водоприемника – р. Ключ в истоках (КБ), среднем (КВ) и нижнем течении (КН). Определение содержания органического углерода в водах проводилось по методике Тюрина с фотометрическим окончанием. Пробы отбирались в специально подготовленные пластиковые бутылки и перед анализом фильтровались через бумажный фильтр с размером пор 1-2 мкм.

Анализ данных показал, что среднее содержание  $C_{орг}$  в пробах болотных вод, отобранных на различных участках Васюганского болота, достоверно различается и увеличивается в ряду от центральных частей к периферии болотного массива: от осоково-сфагновой топи к низкому и высокому ряму (рис.). Так за исследуемый период 2021-2024 гг. среднее содержание  $C_{орг}$  в болотных водах осоково-сфагновой топи составило 42,4 мг/л, в низком ряме – 54,8 мг/л, а в водах осоково-сфагновой топи – 66,8 мг/л. Следует отметить, что концентрации  $C_{орг}$  в болотных водах хорошо согласуются с содержанием углерода в деятельном слое торфяной залежи. Содержание  $C_{орг}$  в торфяной залежи осоково-сфагновой топи минимально и в слое 0-100 см варьирует в диапазоне 41,9-44,5 %. В слое 0-100 см низкого рьяма содержание повышается до 44,3-45,8 %, а в высоком ряме на границе болота содержание составляет 50,9-51,2 %. Сезонный ход концентраций  $C_{орг}$  в болотных водах высокого и низкого рьяма в целом сопоставим, минимальное содержание отмечается в период снеготаяния в апреле-мае, а максимум наблюдается в июле-августе, редко сентябре.

Сопоставляя данные по болотным и речным водам, следует отметить, что содержание  $C_{орг}$  в истоках реки Ключ выше в среднем на 22 % чем в водах высокого рьяма, расположенного на границе болота. В среднем и нижнем течении р. Ключ содержание  $C_{орг}$  в водах преимущественно снижается (до 73,5 мг/л и 63,3 мг/л соответственно) за счет эффекта разбавления с ростом расходов воды в реке, процессов

фотодеструкции и минерализации органики в условиях роста скоростей течения и доступа кислорода. Суммарный вынос  $C_{орг}$  с водами реки Ключ в истоках в заболоченном лесу за период весеннего половодья и летне-осенней межени варьирует от 1,90 до 7,54 г/м<sup>2</sup>.

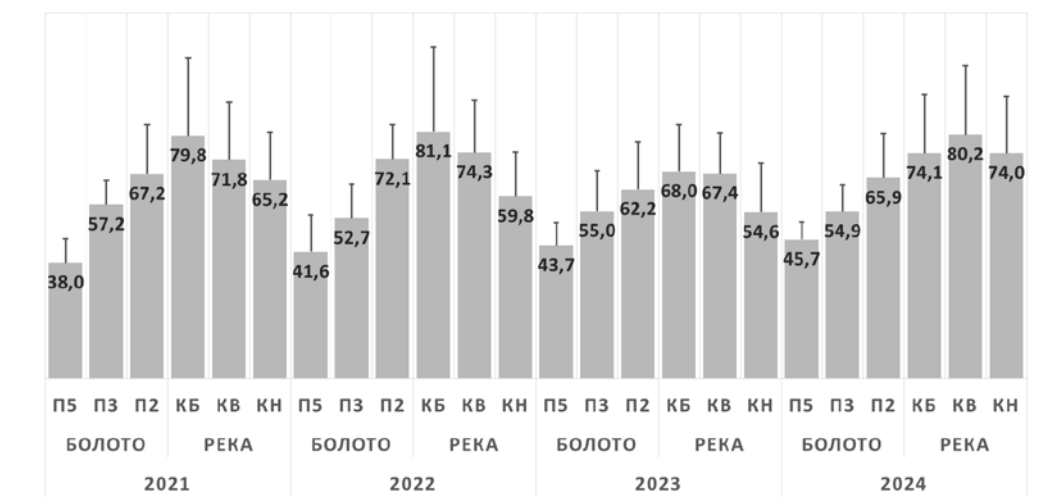


Рисунок. Среднее содержание  $C_{орг}$  по профилю Васюганское болото-река Ключ за апрель-сентябрь 2021-2024 гг.

Таким образом, тип растительности и характеристики торфяной залежи оказывают значительное влияние на содержание  $C_{орг}$  в водах, а зона контакта лес-болото вносит существенный вклад в общий объем выноса  $C_{орг}$  с водосборного бассейна.

*Исследование выполнено при финансовой поддержке Российского научного фонда, проект № 24-77-10049.*

## Методологические основы проведения инвентаризации торфяного фонда регионов Российской Федерации для оценки выбросов парниковых газов (на примере Тюменской области)

*К. Л. Шахматов<sup>1,\*</sup>, Т. В. Орлов<sup>2</sup>*

## Methodological bases for conducting an inventory of the peat fund of the regions of the Russian Federation to assess greenhouse gas emissions (using the example of the Tyumen region)

*K. L. Shakhmatov, T. V. Orlov*

<sup>1</sup>Тверской государственный технический университет

<sup>2</sup>Институт геоэкологии им. Е.М. Сергеева РАН

\**krl81@list.ru*



**Ключевые слова:** торфяные болота, инвентаризация, осушенные торфяники, кадастр парниковых газов, климатический проект.

**Key words:** peatlands, peatland inventory, drained peatlands, greenhouse gas inventory, climate project.

Осушенные торфяники имеют значительный вклад в общем балансе выбросов парниковых газов. Для достоверной оценки конкретных значений проводятся точечные измерения на разных типах осушенных торфяниках. При этом нет актуальных данных по современному состоянию ранее осушенных торфяников, включая качественное состояние и их площадь, поскольку на государственном уровне не ведется такая систематическая работа. При составлении государственного кадастра парниковых газов используются данные 1990-х – начала 2000-х годов. Однако, за 20-30 лет на осушенных и брошенных торфяниках происходили различные процессы, которые способствовали изменению их состояния, что существенно влияет и на выделяемые выбросы парниковых газов с них. Поэтому для актуализации этой информации необходимо провести инвентаризацию современного состояния торфяного фонда.

**Цель работы** – определить методологические основы проведения инвентаризации современного состояния торфяного фонда регионов Российской Федерации для актуализации их качественного состояния и площадей, занимаемых в настоящее время. Также с целью использования результатов такой инвентаризации в национальном кадастре парниковых газов были определены основные виды современного состояния нарушенных торфяников – это облесенные торфяники или леса на органических почвах; сельскохозяйственное состояние, включая сенокосы, луга и пастбища; добыча торфа.

Весь спектр работ реализован на примере южной части Тюменской области и, в частности, в двух муниципальных образованиях – Нижнетавдинском и Тюменском муниципальных районах.

Общая методика работ по оценке современного состояния торфяников рассматриваемой территории состояла из следующих этапов:

1. камеральный этап, который включал:
  - а. анализ всех доступных картографических материалов – геологической, почвенной, топографической и т.д. с целью выявления заболоченных территорий;
  - б. анализ данных по балансовым запасам торфа, включая контура торфяников, числящихся на государственном балансе общераспространенных полезных ископаемых (ОПИ);
  - с. анализ данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) и выделение эталонных участков, однозначно характеризующих тип современного состояния и использования (луга и пастбища,

выработанные торфяники, облесенные территории, обводненные территории и т.д.)

d. определение торфяников или их отдельных частей для проведения полевых работ с целью подтверждения вида современного состояния и использования, а также сбора полевых данных;

2. полевой этап, который включал:

a. верификацию данных камерального этапа с целью подтверждения или опровержения предварительных результатов;

b. сбор фактических данных о состоянии торфяников, в частности, определение фактического вида землепользования, описание доминантных видов растений, измерения остаточной мощности торфа, уровня болотных вод (УБВ) и оценка общей степени обводненности;

3. корректировка первичной информации на основе совмещения камеральных и полевых данных.

На этапе камеральных работ было проанализировано 14 карт и карт-схем, включая общие сведения о территории района работ, состояние изученности торфяного фонда района работ, геологическое строение, гидрологические и гидрогеологические условия района работ.

Для анализа архивных материалов были собраны материалы 98 источников по маршрутным, рекогносцировочным и детальным разведкам торфяников, а также 25 паспортов торфяных месторождений. Также проанализировано 6 источников фондовой информации о состоянии нераспределенного фонда недр (месторождений торфяного сырья).

На территории рассматриваемых муниципальных районов размещены 143 торфяных месторождения. Общая площадь составляет 416 328 га, две трети из которых занимают два торфяных месторождения – Тарманское (30% от общей площади всех торфяных месторождений рассматриваемых районов) и Лайминское (33% от общей площади всех торфяных месторождений рассматриваемых районов).

Обобщены и проанализированы ретроспективные и современные данные дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) для подтверждения хозяйственного использования территории, анализа современного состояния растительного покрова и характера зарастания поверхности месторождений. Данные работы проведены по всем 143 торфяникам. Анализ включал изучение 58 космических снимков за период 1963-2024 гг. Данные работы включали анализ периода эксплуатации торфяников, вид первоначального использования, последующий вид хозяйственного использования торфяников, а также вид современного состояния или хозяйственного использования.

Типы землепользования, такие как добыча торфа, лесная мелиорация и сельское хозяйство определялись по прямым и косвенным дешифровочным признакам. Для добычи торфа характерна частая сеть

картовых и магистральных осушительных каналов, участки открытого торфа. Для сельского хозяйства характерна более широкая сеть каналов, присутствие луговой растительности и следов распашки. Для лесной мелиорации характерна сеть, состоящая из прямых и косых линий каналов и лесная растительность.

На основе данного этапа были выявлены основные виды современного использования нарушенных торфяников и их площади, выделены однородные и типичные участки торфяников, определены объекты для полевых работ.

В рамках полевых работ было обследовано 57 контуров разных торфяных месторождений, равномерно распределенных по всей рассматриваемой территории, общее количество полевых точек обследования 420. Все полевые работы были приурочены к однородным классам поверхности и характеризовали их типичное состояние. В каждой точке производились следующие работы – зондирование торфяной залежи для определения остаточной мощности торфа, отбор по 2 пробы верхнего слоя торфа на каждом однородном участке торфяной залежи для определения его основных характеристик (ботанический состав, степень разложения, плотность, пористость, влажность, зольность), определение УБВ, ботаническое описание всех однородных участков поверхности торфяного месторождения с выделением основных видов растительности, обследование осушительной сети и сети противопожарных водоемов и каналов на предмет определения их зарастания, оплывания, заиливания, разрушения, перекрытия бобровыми плотинами и др.

Результаты инвентаризации нарушенных торфяников рассматриваемых муниципальных районов Тюменской области представлены в таблице.

Таким образом, разработаны методологические основы проведения инвентаризации торфяного фонда для последующего использования этих данных при оценке выбросов парниковых газов на национальном уровне. Результаты работ в двух муниципальных образованиях Тюменской области показал, что из 416 328 га торфяных болот, числящихся на государственном балансе полезных ископаемых, в период активного освоения торфяников было нарушено 88 033 га, что составляет 21% от общей площади торфяных болот. При этом наиболее распространенным типом современного состояния торфяников являются залесенные территории (43,7%). На втором месте идут сельскохозяйственные угодья в виде лугов, пастбищ и сенокосов (36,9 %). На третьем месте заброшенные торфяники без следов рекультивации, т.е. брошенные поля фрезерной добычи торфа (18,8%). Обводненные и застроенные территории занимают не более половины процента от общей площади использованных торфяников. Этот факт подтверждается полевыми

исследованиями. Также результатом работ стало выявление эталонных изображений современного состояния торфяников, полученных со спутниковых снимков, использование которых существенно повышает качество и достоверность результатов работ по данным ДЗЗ.

Таблица. Виды современного состояния нарушенных торфяников Нижнетавдинского и Тюменского районов Тюменской области

Вид хозяйственного использования в настоящее время	Вид первичного хозяйственного использования	Тип торфяной залежи	Площадь, га	%
Влажные, заболоченные леса и залесенные болота	Добыча торфа	Верховое	64,3	43,7
		Переходное	113,9	
	Лесная мелиорация	Верховое	573,1	
		Низинное	2 516,80	
		Переходное	778,5	
	Сельское хозяйство	Верховое	2 678,60	
		Низинное	3 890,10	
		Переходное	272,9	
	Слабонарушенное	Верховое	19 574,70	
		Низинное	5 036,50	
		Переходное	3 000,10	
ВСЕГО			38 499,5	
Выработанные и заброшенные торфяники	Добыча торфа	Низинное	16 507,50	18,8
			ВСЕГО	
Луга и пастбища, частично закустаренные	Добыча торфа	Верховое	2 117,00	36,9
		Низинное	2 476,40	
	Лесная мелиорация	Низинное	1 368,00	
	Сельское хозяйство	Верховое	1 386,60	
		Низинное	24 012,60	
		Переходное	1 010,90	
	Слабонарушенное	Низинное	79,2	
ВСЕГО			32 450,70	
Обводненные торфяники	Добыча торфа	Низинное	20,9	0,3
	Сельское хозяйство	Верховое	93,1	
	Сельское хозяйство	Низинное	142,1	
	ВСЕГО			
Частичная застройка	Добыча торфа	Верховое	319,7	0,4
			ВСЕГО	
ИТОГО			88 033,50	100,0

## Авторский указатель

Архипова М. В.	67, 78	Мингалимова А. И.	52
Батршина В. Р.	84	Миронов В. Л.	108
Беляева А. И.	99	Мойсейчик Е. В.	72
Бондарь В. В.	67, 78	Нешатаев В. Ю.	33, 35
Бурчаловская П. Д.	42	Нешатаева В. Ю.	35
Васюта В. С.	108	Никонова Л. Г.	91
Витусик Д. М.	89	Орлов А. С.	64, 97
Галанина О. В.	86	Орлов Т. В.	67, 78, 116
Гашкова Л. П.	70	Панов В. В.	6
Гилёва Д. А.	89	Пономарева Т. И.	110
Гинзбург Э. Г.	48	Пономарева Т. Н.	64
Глухова Т. В.	22	Порохина Е. В.	89
Головацкая Е. А.	91	Прасолов С. Д.	106
Головченко А. В.	50	Прейс Ю. И.	38
Грачёва Т. А.	50	Селянина С. Б.	60, 64
Груммо Д. Г.	20, 72	Синюткина А. А.	81
Егоров А. А.	22	Скворцов К. И.	35
Журавлева А. Д.	55	Скороспехова Т. В.	55
Забелина С. А.	106	Смагин В. А.	3
Заров Е. А.	84	Смирнова М. А.	42
Зеленкевич Н. А.	20, 72	Созинов О. В.	72
Змеева М. В.	101	Талбонен Е. Л.	108
Зубов И. Н.	64, 97	Токарев И. В.	60
Ивченко Т. Г.	24	Трудова Н. С.	106, 112
Игнашов П. А.	108	Тюрин В. Н.	101
Иткин В. Ю.	63	Урбанавичене И. Н.	52
Калюжный И. Л.	57	Фёдорова Е. Д.	50
Канцерова Л. В.	108	Филиппов И. В.	31
Катаева М. Н.	99	Флоринский И. А.	40
Копотева Т. А.	76	Харанжевская Ю. А.	114
Копцева Е. М.	26	Харбака В. А.	101
Кочергина А. Г.	26	Хохлов С. Ф.	93
Кузнецов О. Л.	28, 108	Чупаков А. В.	60, 106
Кузьмина Е. Ю.	35	Чупакова А. А.	112
Купцова В. А.	76	Чуракова Е. Ю.	42
Кутенков С. А.	108	Шахматов К. Л.	116
Лапшина Е. Д.	31, 84	Шевченко В. П.	103
Леготин М. Е.	86	Широкова Л. С.	106, 112
Лизунова М. А.	60	Шишконокова Е. А.	45
Ликсакова Н. С.	93	Штанг А. К.	110
Медведева М. А.	63	Юрковская Т. К.	18
Мельник Т. Р.	101	Яковлев Е. Ю.	60

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>Смагин В. А.</b> К 50-летию начала работы Северо-Западной экспедиции БИН РАН и о её вкладе в изучение растительности болот Северо-Запада.....	3
<b>Панов В. В.</b> Основные аспекты морфологии болот.....	6

### РАСТИТЕЛЬНОСТЬ И ТИПОЛОГИЯ БОЛОТ

<b>Юрковская Т. К.</b> К вопросу о распространении верховых и аапа болот в России.....	18
<b>Груммо Д. Г., Зеленкевич Н. А.</b> Характеристика болот Белорусского Полесья.....	20
<b>Егоров А. А., Глухова Т. В.</b> Динамика растительности под действием осушения болотных лесов на верховых торфах в подтайге Европейской части России (Западнодвинский лесоболотный стационар, Тверская обл.).....	22
<b>Ивченко Т. Г.</b> Типы болот национального парка «Зюраткуль» (Челябинская область).....	24
<b>Кочергина А. Г., Концева Е. М.</b> Микротопография как средообразующий фактор в условиях кочковато-коврового болотного комплекса заказника «Сестрорецкое болото» (Санкт-Петербург).....	26
<b>Кузнецов О. Л.</b> Разнообразие пухоносого-моховых сообществ на болотах Европейского Севера.....	28
<b>Лапина Е. Д., Филиппов И. В.</b> К вопросу о растительности болот на северо-востоке тундровой зоны Якутии.....	31
<b>Нешатаев В. Ю.</b> Закономерности динамики биогеоценозов после осушения болот и заболоченных лесов.....	33
<b>Нешатаев В. Ю., Нешатаева В. Ю., Кузьмина Е. Ю., Скворцов К. И.</b> Осоковые и осоково-сфагновые сообщества болот севера Корякского округа (Камчатский край).....	35
<b>Прейс Ю. И.</b> Генезис и пути формирования аапа болот долины реки Курейки (Средняя Сибирь).....	38
<b>Флоринский И. А.</b> Выбор методов автоматизированной классификации данных спутникового дистанционного зондирования, применимых для дешифрирования болот Ленинградской области.....	40
<b>Чуракова Е. Ю., Смирнова М. А., Бурчаловская П. Д.</b> Минеротрофные болота Двинского залива Белого моря.....	42
<b>Шишконокова Е. А.</b> Роль олиготрофных видов в индикации техногенных нарушений на болотах Среднего Приобья.....	45

## БИОГЕОЦЕНОЛОГИЯ БОЛОТ, ВИДОВОЕ РАЗНООБРАЗИЕ МХОВ И ЛИШАЙНИКОВ НА БОЛОТАХ

- Гинзбург Э. Г.** Находки редких видов мохообразных на болотах Карельского перешейка (Санкт-Петербург и Ленинградская область).....48
- Головченко А. В., Грачёва Т. А., Фёдорова Е. Д.** Таксономический состав и антифунгальная активность стрептомицетов из микролокусов, ассоциированных с растениями эвтрофного болота.....50
- Мингалимова А. И., Урбанавичене И. Н.** Лишайники верхового болота международного полевого стационара Мухрино (средняя тайга, Западная Сибирь).....52

## ГИДРОЛОГИЯ БОЛОТ

- Журавлева А. Д., Скороспехова Т. В.** Анализ и прогноз испарения на верховых болотах Северо-Запада России.....55
- Калюжный И. Л.** Методика определения эмиссии парниковых газов на олиготрофном болоте .....57
- Лизунова М. А., Яковлев Е. Ю., Селянина С. Б., Чупаков А. В., Токарев И. В.** Исследование гидрологических параметров Иласского болотного массива с использованием изотопных индикаторов.....60
- Медведева М. А., Иткин В. Ю.** Обводнение осушенных торфяников для смягчения изменения климата.....63
- Пономарева Т. Н., Орлов А. С., Zubov И. Н., Селянина С. Б.** К вопросу о влиянии гидромелиорации на физико-химические показатели торфа верховых болот Европейского Севера России (на примере Архангельской области).....64

## ПОСТПИРОГЕННАЯ ДИНАМИКА БОЛОТНЫХ ЭКОСИСТЕМ, ПРОЦЕССЫ ВОССТАНОВЛЕНИЯ БОЛОТ

- Архипова М. В., Орлов Т. В., Бондарь В. В.** Автоматизированные подходы для выделения комплексов на нарушенных и заброшенных торфяниках на основе данных Sentinel-2.....67
- Гашкова Л. П.** Восстановление мохово-лишайникового покрова постпирогенного верхового болота.....70
- Груммо Д. Г., Зеленкевич Н. А., Мойсейчик Е. В., Созинов О. В.** Стратегия использования мелиоративных систем и осушенных торфяников в охранной зоне национального парка «Беловежская пуща».....72

<b>Коптева Т. А., Купцова В. А.</b> Результаты мониторинга за динамикой продукции и восстановления акротельма на торфяном болоте после пожара в Приамурье.....	76
<b>Орлов Т. В., Архипова М. В., Бондарь В. В.</b> Пожароопасность осушенных торфяников Северо-Западного федерального округа.....	78
<b>Синюткина А. А.</b> Использование данных съемки с БПЛА для изучения растительности постпирогенных болот (Западная Сибирь).....	81

## ИСТОРИЯ БОЛОТ, СТРАТИГРАФИЧЕСКОЕ РАЗНООБРАЗИЕ ТОРФЯНЫХ ЗАЛЕЖЕЙ, СОВРЕМЕННЫЕ ПРОЦЕССЫ В ТОРФЯНЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ

<b>Батришина В. Р., Заров Е. А., Лапина Е. Д.</b> Реконструкция растительности и стратиграфическое разнообразие типичного верхового болота средней тайги (на примере Карбонового полигона Мухрино).....	84
<b>Галанина О. В., Леготин М. Е.</b> Стратиграфия маломощных торфяных залежей при суходольном заболачивании (на примере Полистовского и Дарвинского заповедников).....	86
<b>Гилёва Д. А., Витусик Д. М., Порохина Е. В.</b> Оксидоредуктазная активность в олиготрофном болоте.....	89
<b>Никонова Л. Г., Головацкая Е. А.</b> Запасы фитомассы и разложение основных растений-торфообразователей олиготрофных болот Западной Сибири, подверженных осушению и пирогенному воздействию.....	91
<b>Хохлов С. Ф., Ликсакова Н. С.</b> Торфяная толща как архив истории природной среды и пеплопадов на севере острова Уруп (Курильская гряда) за последние 6000 лет.....	93

## СОДЕРЖАНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ И ПРОЦЕССЫ САМООЧИЩЕНИЯ В БОЛОТНЫХ ЭКОСИСТЕМАХ

<b>Зубов И. Н., Орлов А. С.</b> Стойкие хлорорганические загрязнители в торфяной залежи верховых болот Европейского Севера России.....	97
<b>Катаева М. Н., Беляева А. И.</b> Накопление тяжелых металлов в эпифитных лишайниках на древесном субстрате болотных фитоценозов в юго-восточном Приладожье.....	99
<b>Тюрин В. Н., Харбака В. А., Мельник Т. Р., Змеева М. В.</b> Особенности самоочищения грядово-мочажинного болота при солевом загрязнении (Сургутская низина, Западная Сибирь).....	101
<b>Шевченко В. П.</b> Верховые болота водосбора Белого моря как природные архивы поступления тяжелых металлов из атмосферы.....	103



## ЗАПАСЫ УГЛЕРОДА И ЭМИССИЯ ГАЗОВ С ПОВЕРХНОСТИ БОЛОТ

<b>Забелина С. А., Чупаков А. В., Прасолов С. Д., Широкова Л. С., Трудова Н. С.</b> Эмиссия CH <sub>4</sub> и CO <sub>2</sub> с поверхности водных объектов болот таежного и тундрового ландшафтов.....	106
<b>Кутенков С. А., Кузнецов О. Л., Канцерова Л. В., Миронов В. Л., Игнашов П. А., Талбонен Е. Л., Васюта В. С.</b> Запас углерода в фитомассе естественных и осушенных участков верховых болот лесоболотного стационара Киндасово (Карелия).....	108
<b>Пономарева Т. И., Штанг А. К.</b> Трансформация органического вещества в условиях олиготрофного болота.....	110
<b>Трудова Н. С., Чупакова А. А., Широкова Л. С.</b> Сезонная изменчивость растворенных форм углерода в гидрологическом континууме торфяных болот на примере Иласского болотного массива.....	112
<b>Харанжевская Ю. А.</b> Оценка закономерностей миграции органического углерода в малом речном бассейне на отрогах Васюганского болота.....	114
<b>Шахматов К. Л., Орлов Т. В.</b> Методологические основы проведения инвентаризации торфяного фонда регионов Российской Федерации для оценки выбросов парниковых газов (на примере Тюменской области).....	116
<b>Авторский указатель.....</b>	121

*Научное издание*

Материалы Всероссийской научной конференции с международным участием «XIII Галкинские Чтения», посвященной 50-летию начала работы болотного отряда Северо-Западной геоботанической экспедиции БИН РАН и 75-летию начала работы Зеленогорской полевой экспериментальной базы (Болотной станции Ламмин-Суо)  
Санкт-Петербург  
9-10 апреля 2025 г.

Proceedings of the All-Russian scientific conference with international participation «XIII meeting in memoriam of Ekaterina Alexeevna Galkina» dedicated to the 50th anniversary of the beginning of the work of the mire detachment of the North-West geobotanical expedition of the BIN RAS and the 75th anniversary of the beginning of the work of the Zelenogorsk field experimental base (Lammin-Suo mire station)  
Saint-Petersburg  
April 9-10, 2025

*Оригинал-макет: Т. Г. Ивченко*

Подписано в печать 25.03.2025. Формат 60×84 1/16  
Печать цифровая. Гарнитура «Times New Roman». Печ. л. 7,0  
Тираж 100 экз. Заказ 13.

Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН  
197022, Санкт-Петербург, ул. Проф. Попова, 2

Отпечатано в типографии  
Издательства СПбГЭТУ «ЛЭТИ»  
197022, Санкт-Петербург, ул. Проф. Попова, 5Ф