



Институт экспериментальной ботаники НАН Беларуси

Ботаническое общество

Березинский биосферный заповедник

РАСТИТЕЛЬНОСТЬ БОЛОТ: СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ КЛАССИФИКАЦИИ, КАРТОГРАФИРОВАНИЯ, ИСПОЛЬЗОВАНИЯ И ОХРАНЫ

**Материалы V Международного научного семинара
(16–20 сентября 2024 г., Минск – Домжерицы, Беларусь)**



Минск
«ИВЦ Минфина»
2024

УДК 581.526.33/.35:502.171(082)

ББК 28.58я43

P24

Редакционная коллегия:

Н.А. Зеленкевич, канд.биол.наук, доцент

Е.В. Мойсейчик

Р.В. Цвирко, канд.биол.наук

Д.Г. Груммо, канд.биол.наук, доцент

P24

Растительность болот: современные проблемы классификации, картографирования, использования и охраны : материалы V Международного научного семинара (16–20 сентября 2024 г., Минск – Домжерицы, Беларусь) / Институт экспериментальной ботаники НАН Беларуси, Ботаническое общество, Березинский биосферный заповедник ; ред. Н.А. Зеленкевич [и др.]. – Минск : РР'Р' РьРёPSC,,РёPSP°, 2024. – 195 с.ISBN 987-985-880-503-6.

В сборник включены материалы V Международного научного семинара «Растительность болот: современные проблемы классификации, картографирования, использования и охраны». В материалах представлены результаты исследований биоразнообразия болот, рассматриваются актуальные вопросы классификации и картографирования болотной растительности, мониторинга, продуктивности, восстановления болотных экосистем, практического использования болот и их охраны.

УДК 581.526.33/.35:502.171(082)

ББК 28.58я43

ISBN 987-985-880-503-6

© Институт экспериментальной ботаники
НАН Беларуси, 2024

СОДЕРЖАНИЕ

КРУПНОМАСШТАБНОЕ ЛАНДШАФТНОЕ КАРТОГРАФИРОВАНИЕ ПЛОСКОБУТРИСТОГО БОЛОТА В СРЕДНЕЙ СИБИРИ С ПРИМЕНЕНИЕМ БЕСПИЛОТНОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА Р.А. Андреев, Д.А. Куприянов, А.Е. Шатунов, Н.Г. Мазей	6
ПРИМЕНЕНИЕ ШКАЛ РАМЕНСКОГО ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ПРОЦЕССА ТОРФООБРАЗОВАНИЯ СРЕДНЕГО ПРИОБЬЯ В.Р. Батршина, Е.Д. Лапшина, Е.А. Заров, А.А. Кулик	8
ФЛОРА И РАСТИТЕЛЬНОСТЬ БОЛОТ БАШКИРСКОГО ПРЕДУРАЛЬЯ И.Г. Бикбаев, В.Б. Мартыненко, А.А. Мулдашев, Э.З. Баишева, П.С. Широких	12
ОСОБЕННОСТИ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ВИДОВ <i>SPHAGNUM</i> В ДУБНЕНСКОМ ЛЕСОБОЛОТНОМ МАССИВЕ М.Я. Войтехов	16
ЗАПАСЫ УГЛЕРОДА В ФИТОМАССЕ БОЛОТ СЕВЕРА СРЕДНЕРУССКОЙ ВОЗВЫШЕННОСТИ Е.М. Волкова, И.В. Бахмат, Д.В. Зацаринная, О.А. Леонова, А.Р. Колоскова, А.В. Ольчев	21
ГОРНЫЕ БОЛОТА ЮГА СИБИРИ В УСЛОВИЯХ СОВРЕМЕННЫХ ИЗМЕНЕНИЙ КЛИМАТА И ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ И.И. Волкова	25
«ОСТРОВНЫЕ» БОЛОТНЫЕ БИОТОПЫ КАК ОБЪЕКТ ИЗУЧЕНИЯ О.В. Галанина, А.Е. Тюпаева	30
КРУПНОМАСШТАБНОЕ КАРТОГРАФИРОВАНИЕ БОЛОТНОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ В ПОЛОСЕ ВЛИЯНИЯ РЫБИНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА О.В. Галанина, П.А. Черненко	36
МОНИТОРИНГ СОДЕРЖАНИЯ ТЯЖЁЛЫХ МЕТАЛЛОВ В <i>SPHAGNUM FUSCUM</i> НА ПОСТПИРОГЕННОМ БОЛОТЕ Л.П. Гашкова	39
РАЗНООБРАЗИЕ ТИПОВ БОЛОТ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ Д.Г. Груммо, Н.А. Зеленкевич, Р.В. Цвирко, С.Г. Русецкий, Д.Ю. Жилинский, Е.В. Мойсейчик	41
ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ И ПРАКТИКА ПРИМЕНЕНИЯ ФИТОИНДИКАЦИОННОГО КАРТОГРАФИРОВАНИЯ ПРИ МОНИТОРИНГЕ БОЛОТНЫХ ЭКОСИСТЕМ Д.Г. Груммо, Н.А. Зеленкевич, Р.В. Цвирко, Д.Ю. Жилинский, Е.В. Мойсейчик, О.В. Созинов	44
ДИНАМИКА БОЛОТНЫХ ЭКОСИСТЕМ В ГЛЯЦИОПЛЕЙСТОЦЕНЕ И ГОЛОЦЕНЕ НА ТЕРРИТОРИИ БЕЛАРУСИ Я.К. Еловичева, Н.М. Писарчук	50
ИЗМЕНЕНИЯ РАСТИТЕЛЬНОСТИ БОЛОТ СЕВЕРО-ЗАПАДА РОССИИ ПОД ВЛИЯНИЕМ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ БОБРОВ Н.А. Завьялов, В.А. Смагин	57
РОЛЬ ДОМЖЕРИЦКОГО БОЛОТА В СОХРАНЕНИИ ПОПУЛЯЦИЙ БАШМАЧКА НАСТОЯЩЕГО (<i>CYPRIPEDIUM CALCEOLUS</i> L.) В БЕРЕЗИНСКОМ ЗАПОВЕДНИКЕ В.С. Ивкович, Е.Н. Ивкович, С.А. Автушко	61
РАСТИТЕЛЬНЫЕ СООБЩЕСТВА ЛЕСНЫХ БОЛОТ ЮЖНО-УРАЛЬСКОГО РЕГИОНА (ЧЕЛЯБИНСКАЯ ОБЛАСТЬ) Т.Г. Ивченко, С.Р. Знаменский	63
СПЕЦИФИКА ФОРМИРОВАНИЯ ОЗЕРНО-БОЛОТНЫХ ЛАНДШАФТОВ БОЛЬШЕЗЕМЕЛЬСКОЙ ТУНДРЫ Д.А. Каверин, С.В. Якубенко, А.В. Пастухов	65
ОХРАНА БОЛОТ В БЛИЖНЕМ ПОДМОСКОВЬЕ: ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ Н.Г. Кадетов	68
ФОРМИРОВАНИЕ И ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ НИЗИННЫХ ОСОКОВЫХ БОЛОТ ПОЛЕСЬЯ НА ПРИМЕРЕ БОЛОТА ЗВАНЕЦ А.В. Козулин	71
АСАБЛІВАСЦІ СТАНУ І ДЫНАМІКІ ХВАЁВЫХ ЛЯСОЎ БАЛОТА «ШВАКШТЫ» А.Ю. Комар, М.В. Ярмохін, С.А. Комар	75
НОРМИРОВАНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ТУРИЗМА НА БОЛОТНЫХ ООПТ (НА ПРИМЕРЕ «ПОЛИСТОВСКОГО ЗАПОВЕДНИКА») Е.О. Королькова	78

ВОССТАНОВЛЕНИЕ ФИТОЦЕНОЗОВ ВЕРХОВЫХ БОЛОТ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ ПОСЛЕ ПОЖАРОВ: ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА И РАЗВИТИЕ ЛИШАЙНИКОВО-МОХОВОГО КОВРА Н.Г. Коронатова, В.А. Степанова	82
ПРОДУКТИВНОСТЬ РЯМОВ ЮГА ЗАПАДНОЙ СИБИРИ Н.П. Косых	85
РАЗНООБРАЗИЕ ТРАВЯНО-ГИПНОВЫХ СООБЩЕСТВ БОЛОТ ЕВРОПЕЙСКОГО СЕВЕРА О.Л. Кузнецов	87
ОЦЕНКА ЧИСТОГО ЭКОСИСТЕМНОГО ОБМЕНА CO ₂ С ПОВЕРХНОСТИ ГРЯДОВО-МОЧАЖИННОГО КОМПЛЕКСА БОЛОТА МУХРИНО А.А. Кулик, Е.А. Заров, А.А. Дмитриченко, Е.А. Дюкарев	91
ФЛОРА И РАСТИТЕЛЬНОСТЬ ГИПНОВЫХ БОЛОТ ЛЕСНОЙ ЗОНЫ СЕВЕРНОЙ ЕВРАЗИИ Е.Д. Лапшина, Г.Н. Ганасевич, И.В. Филиппов	95
ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИКИ СОВРЕМЕННОГО РАСТИТЕЛЬНОГО ПОКРОВА ГОРНЫХ БОЛОТ КАВКАЗА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОПУБЛИКОВАННЫХ КАРТОСХЕМ Н.С. Ликсакова, Г.Я. Дорошина, Т.Г. Ивченко, Д.С. Шильников, К.В. Щукина, Д.С. Кессель	96
ОСОБЕННОСТИ КАРТОГРАФИРОВАНИЯ МЕРЗЛЫХ БОЛОТ СЕВЕРО-ЗАПАДА ПЛАТО ПУТОРАНА Е.А. Макарова, Н.Г. Мазей, Е.Ю. Новенко	100
БРИОКОМПЛЕКСЫ БОЛОТНЫХ ЛЕСОВ В УСЛОВИЯХ БЕЛАРУСИ М.С. Малько	103
ОПОЗНАВАНИЕ ТОРФЯНЫХ ПОЖАРОВ ПО СПУТНИКОВЫМ ДАННЫМ О ТЕПЛОВЫХ АНОМАЛИЯХ М.А. Медведева, В.Ю. Иткин	107
ДИСКУССИОННЫЕ ВОПРОСЫ КЛАССА ЧЕРНООЛЬХОВЫХ ЛЕСОВ <i>ALNETEA GLUTINOISAE</i> О.В. Морозова	108
ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ КАРТОГРАФИРОВАНИЯ ТИПОВ БОЛОТ НА ТЕРРИТОРИИ ПРИРОДНОГО ПАРКА «НУМТО» (ЗАПАДНАЯ СИБИРЬ) М.Д. Московченко	110
МНОГОЛЕТНЯЯ ДИНАМИКА КУСТАРНИЧКОВО-СФАГНОВОГО СОСНЯКА В ДАРВИНСКОМ ПРИРОДНОМ БИОСФЕРНОМ ЗАПОВЕДНИКЕ А.К. Мухин, Д.О. Садоков, Л.Р. Ахметшина, Е.А. Быковская, О.М. Македонская	116
КЛАССИФИКАЦИЯ РАСТИТЕЛЬНОСТИ БОЛОТ СЕВЕРА КОРЯЖСКОГО ОКРУГА (КАМЧАТСКИЙ КРАЙ) В.Ю. Нешатаев, В.Ю. Нешатаева, К.И. Скворцов	120
ВЛИЯНИЕ ОТДЕЛЬНЫХ ФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ ГРУПП МИКРООРГАНИЗМОВ НА БИОЛОГИЧЕСКУЮ ДОСТУПНОСТЬ РАДИОАКТИВНЫХ ИЗОТОПОВ ЦЕЗИЯ В ТОРФЯНИСТО-ГЛЕЕВОЙ ПОЧВЕ А.Н. Никитин, Е.А. Танкевич, И.И. Концевая, Ю.К. Симончик	125
ЭВОЛЮЦИЯ И ГЕНЕЗИС ПОЛИГОНАЛЬНЫХ ТОРФЯНИКОВ КРИОЛИТОЗОНЫ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ А.В. Пастухов, Д.А. Каверин, Т.И. Марченко-Вагапова, С.В. Лойко, С.В. Якубенко, В.В. Мансуров ...	128
<i>EUNOTIA SUBARCUATOIDES</i> – НОВЫЙ ВИД ДИАТОМОВЫХ ВОДОРΟΣЛЕЙ ДЛЯ АЛЬГОФЛОРЫ БЕЛАРУСИ В.Н. Петров	130
АЭРОКОСМИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ ВОДНО-БОЛОТНЫХ ЭКОСИСТЕМ ПРИПЯТСКОГО ПОЛЕСЬЯ (НА ПРИМЕРЕ РЕСПУБЛИКАНСКОГО ЗАКАЗНИКА «СРЕДНЯЯ ПРИПЯТЬ») А.Р. Понтус, А.В. Пучило, М.Л. Романова	132
РАСТИТЕЛЬНОСТЬ ТИПИЧНОГО НЕНАРУШЕННОГО СОСНОВО-КУСТАРНИЧКОВО-СФАГНОВОГО ФИТОЦЕНОЗА ЗАПАДНОЙ СИБИРИ (НИЗКОГО РЯМА) П.А. Прокофьева, Л.Г. Никонова, Е.В. Порохина, Е.А. Головацкая	135
ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ МАРКЕРЫ РАСТЕНИЙ В ОЦЕНКЕ ПРОДУКТИВНОСТИ И МОНИТОРИНГЕ БОЛОТНЫХ ЭКОСИСТЕМ Т.В. Рогова, Т.А. Борисова	137
СОСТОЯНИЕ ЯСЕНЕВЫХ ФИТОЦЕНОЗОВ В БЕРЕЗИНСКОМ БИОСФЕРНОМ ЗАПОВЕДНИКЕ М.Л. Романова, Г.В. Ермоленкова	142
ПРОБЛЕМАТИКА СОЗДАНИЯ ПЛАНА УПРАВЛЕНИЯ БОЛОТОМ (НА ПРИМЕРЕ БОЛОТА ПОДВЕЛИКИЙ МОХ, БЕЛАРУСЬ) В.А. Сипач, О.В. Созинов	143
РАЗНООБРАЗИЕ ВЕРХОВЫХ БОЛОТ ЛЕНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ И ИХ БОТАНИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКОЕ ПОЛОЖЕНИЕ В.А. Смагин	147

ПРОДУКТИВНОСТЬ РАСТИТЕЛЬНЫХ СООБЩЕСТВ ПОД ВЛИЯНИЕМ ПАЛОВ В ПРЕДЕЛАХ НИЗИННОГО БОЛОТА (ЗАКАЗНИК «СПОРОВСКИЙ», БЕЛАРУСЬ) О.С. Смирнова, Н.А. Зеленкевич, Е.В. Мойсейчик	151
ВОССТАНОВЛЕНИЕ ФИТОЦЕНОЗОВ ПОСЛЕ ПОЖАРОВ НА ВЕРХОВЫХ БОЛОТАХ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ: ПРОДУКТИВНОСТЬ И ДЕСТРУКЦИЯ КОМПОНЕНТОВ ТРАВЯНО-КУСТАРНИЧКОВОГО ЯРУСА В.А. Степанова, Н.Г. Коронатова	154
РЕКОМЕНДАЦИИ ПО НАПРАВЛЕНИЯМ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЗЕМЕЛЬ ЛЕСНОГО ФОНДА С ИЗМЕНЕННЫМ ГИДРОЛОГИЧЕСКИМ РЕЖИМОМ НА ОСНОВАНИИ ИХ КОМПЛЕКСНОЙ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ А.В. Судник, А.М. Потапенко, Н.В. Толкачева, Р.М. Голушко, В.А. Серенкова	156
РЕСУРСНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ И ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СЫРЬЯ <i>LEDUM PALUSTRE</i> L. В БЕЛАРУСИ И.П. Сысой	162
ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ МИКРОРЕЛЬЕФА И СТЕПЕНИ ВЫГОРАНИЯ ПОВЕРХНОСТИ НА ХАРАКТЕРИСТИКИ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ВОД ПОСТПИРОГЕННЫХ БОЛОТ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ Ю.А. Харанжевская, А.А. Синюткина	165
РАЗНООБРАЗИЕ БОЛОТНЫХ ЛЕСОВ НАЦИОНАЛЬНОГО ПАРКА «БЕЛОВЕЖСКАЯ ПУЩА» (БЕЛАРУСЬ) Р.В. Цвирко, Д.Г. Груммо	168
РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ РЕАБИЛИТАЦИИ НАРУШЕННЫХ ТОРФЯНИКОВ В ПОЛЕССКОМ ГОСУДАРСТВЕННОМ РАДИАЦИОННО-ЭКОЛОГИЧЕСКОМ ЗАПОВЕДНИКЕ (БЕЛАРУСЬ), ЗАГРЯЗНЕННЫХ РАДИОНУКЛИДАМИ (ОЦЕНКА ГИДРОЛОГИЧЕСКОГО РЕЖИМА) А.И. Чайковский, М.В. Максименков, М.В. Кудин, И.А. Богданович, С.С. Терещенко, И.Ю. Гигиняк ..	172
МОНИТОРИНГ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ СФАГНОВОГО БОЛОТНОГО КОМПЛЕКСА НА ЮЖНОЙ ГРАНИЦЕ ПОДТАЙГИ ДИСТАНЦИОННЫМИ И НАЗЕМНЫМИ МЕТОДАМИ Г.А. Шайхутдинова, В.П. Хомяков, К.А. Лисовская, Н.Р. Шафигуллина	176
ЭВТРОФИКАЦИЯ ОЛИГОТРОФНЫХ БОЛОТ ПОД ВЛИЯНИЕМ ШЛАМОВЫХ АМБАРОВ (ХМАО-ЮГРА, ЗАПАДНАЯ СИБИРЬ) Е.А. Шишконокова, Н.А. Аветов, Е.И. Ковалева, Т.Ю. Толпышева	180
РАСТИТЕЛЬНОСТЬ ОСТРОВОВ ОЗЕРА БОЛЬШОЕ КРАСНОЕ (РОССИЯ, АРХАНГЕЛЬСКАЯ ОБЛАСТЬ, О. БОЛЬШОЙ СОЛОВЕЦКИЙ) А.К. Штанг	182
МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПОЛЕВОЙ ЭКСКУРСИИ	
БОЛОТА БЕРЕЗИНСКОГО БИОСФЕРНОГО ЗАПОВЕДНИКА Д.Г. Груммо, Н.А. Зеленкевич, Р.В. Цвирко, Д.Ю. Жилинский, Е.В. Мойсейчик, О.В. Созинов	184
АЛФАВИТНЫЙ ПОСТРАНИЧНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ АВТОРОВ	194

КРУПНОМАСШТАБНОЕ ЛАНДШАФТНОЕ КАРТОГРАФИРОВАНИЕ ПЛОСКОБУГРИСТОГО БОЛОТА В СРЕДНЕЙ СИБИРИ С ПРИМЕНЕНИЕМ БЕСПИЛОТНОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА

Р.А. Андреев^{1,2}, Д.А. Куприянов^{2,3}, А.Е. Шатунов², Н.Г. Мазей^{1,2}

¹Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия; dorionio40@gmail.com

²Институт географии РАН, Москва, Россия; ³Институт археологии РАН, Москва, Россия,

Построена крупномасштабная ландшафтная карта для бугристого болота площадью около 0,6 км², расположенного в Средней Сибири близ пос. Тура (Красноярский край, Россия). ПТК ранга фаций выявлены методом дешифрирования ортофотоплана, полученных по данным съёмки с беспилотного летательного аппарата (БПЛА) DJI Mavic Air Pro 2. Ортофотоплан с пространственным разрешением 0,1 м построен в программном обеспечении Agisoft Metashape. Показано, что использование данных съёмки БПЛА позволяет эффективно проводить подробное картографирование труднодоступных и малопроходимых болотных массивов.

Введение. В пределах криолитозоны, занимающей около 60% территории России, на структуру и динамику болотных комплексов большое влияние оказывают криогенные процессы. Свойства многолетнемерзлых пород, глубина сезонно-талого слоя, процессы морозного пучения и термокарста определяют распределение растительных сообществ болотных массивов [3]. Ландшафтная структура болот Средней Сибири, представляющих собой мёрзлые бугристые болота [2, 6], изучена слабо. В условиях возвышенного и сильно расчленённого рельефа Среднесибирского плоскогорья такие болота редки и часто расположены на удалённых территориях. При картографировании труднодоступных и плохо проходимых ландшафтов таких болот в последнее время всё чаще применяется съёмка с беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) [5], что особенно актуально при недостаточном покрытии территории точками полевых описаний.

Район исследования. Крупномасштабная ландшафтная карта построена для болотного массива, расположенного в Средней Сибири близ пос. Тура (Красноярский край, Россия). Рельеф района исследования представлен возвышенным базальтовым плато Сыверма, расчленённым долиной р. Нижняя Тунгуска и ее притока Кочечума. Климат умеренный, резко континентальный. Изучаемая территория относится к подзоне средней тайги. Болото, названное нами Нижняя Тунгуска, занимает площадь 58 га, и расположено на второй надпойменной террасе р. Нижняя Тунгуска. Мощность торфяной залежи, которую нам удалось вскрыть до уровня залегания многолетнемерзлых пород, 113 см. Болото относится к типу плоскобугристых болот и имеет гетеротрофный тип питания. Возраст образца торфа с глубины 113 см около 6800 лет. Относительно большая площадь болота для данного региона и чередование бугров и топей, а также положение болотного массива на значительном расстоянии от поселка, определяют трудоёмкость полевых работ в его пределах.

Материалы и методы. Ландшафтная карта болота Нижняя Тунгуска составлена по данным дешифрирования ортофотопланов местностей (рисунки 1, 2), с помощью ландшафтно-индикационного метода [4, 8, 9]. Ортофотоплан (см. рисунок 1) построен по данным съёмки болота при помощи БПЛА DJI Mavic Air 2 Pro. Съёмка велась камерой 48 МП, под углом 90° с перекрытием 70-80%, с высоты 120 м. Полученные снимки

(всего 828) обработаны в программе «Agisoft Metashape», где с помощью фотограмметрического преобразования снимков получен ортофотоплан картографируемой местности. Ортофотоплан сохранён в формате GeoTIFF с пониженным пространственным разрешением 0,1 м, что обеспечивает быстрое действие при экспорте в ГИС QGIS. Пространственное разрешение ортофотоплана позволяет выделять отдельные местообитания болот размером вплоть до первых метров в плане. В ГИС создана пространственная база данных, содержащая, кроме ортофотоплана, данные дистанционного зондирования Земли: космические снимки сверхвысокого разрешения ArcGIS World Imagery (включает в себя снимки с космических аппаратов SPOT, WorldView и прочие) и цифровую модель рельефа ArcticDEM. Также в базу данных было добавлено местоположение точек комплексных описаний.

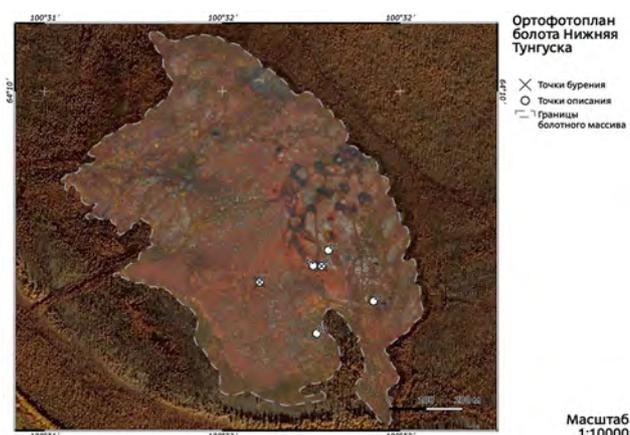


Рисунок 1 – Ортофотоплан болота Нижняя Тунгуска. Уменьшено с масштаба 1:10000

Выделенные природно-территориальные комплексы (ПТК) верифицированы по данным 6 комплексных полевых описаний, покрывающих только часть болотного массива. В точках полевых наблюдений проведено описание рельефа, строения торфяной залежи, измерение мощности сезонно-талого слоя (СТС) и геоботаническое описание площадок 10×10 метров. Ландшафтные карты составлены для ПТК ранга урочищ и фаций. Составляющие бугристые болота сопряжённые фации бугров пучения и межбугровых понижений (МБП) были выделены в группы фаций. ПТК бугрис-

тых болот классифицированы по Л.И. Усовой [9] и В.И. Батуеву [1], по дешифровочным признакам типов микроландшафтов бугристых болот. Болотные микроландшафты выделены по ландшафтному рисунку болотного массива, образуемого чередованием бугров и МБП. Поверхности плоскобугристого болота уверенно дешифрируются по фототону: более светлые участки индицируют произрастание лишайников, приуроченных к сухим поверхностям бугров. Отдельные типы МБП,

дифференцирующихся по условиям и режиму увлажнения [1], выделены по фототону и форме выделов.

Результаты и обсуждение. Изученное болото (см. рисунок 2) расположено на второй надпойменной террасе р. Нижняя Тунгуска, что определяет ландшафтный рисунок: выявляется ряд дренирующих торфяник ложбин. В пределах массива выделено два микроландшафта [9]: плоскобугристо-ложбинно-топяной и плоскобугристо-западинный, которые соответствуют двум урочищам.

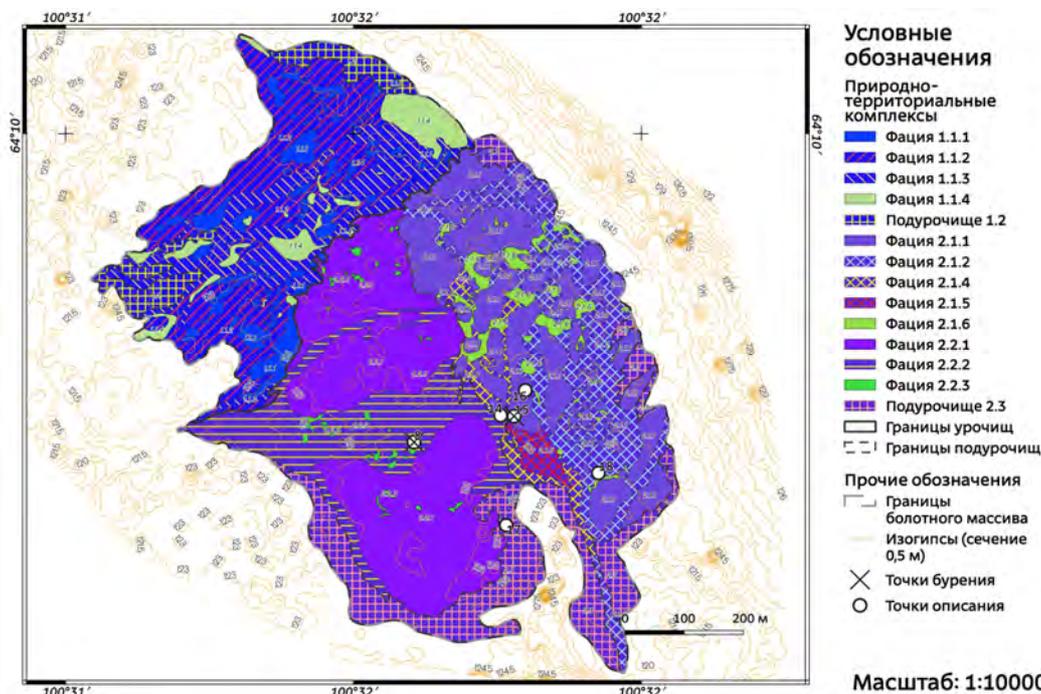


Рисунок 2 – Ландшафтная карта болотного массива Нижняя Тунгуска. Уменьшено с масштаба 1:10000

Легенда к ландшафтной карте болотного массива Нижняя Тунгуска (с сокращениями).

Урочище 1. Плоскобугристо-ложбинно-топяное болото.

Подурочище 1.1. Основная поверхность котловины, осложнённая плоскими буграми, вытянутыми ложбинами и западинами, под багульниково-сфагново-лишайниковым покровом на буграх и кустарничково-сфагновым на ложбинах и западинах, с мощностями СТС от 35 до 112 см.

Фация 1.1.1. Поверхности плоских бугров, под багульниково-сфагново-лишайниковым покровом с мощностью СТС 35 см.

Фация 1.1.2. Повышенные части и склоны ложбин под магистральной топью, под морошково-багульниково-сфагновым покровом с мощностью СТС 35-50 см.

Фация 1.1.3. Пониженные части и днища ложбин под магистральной топью, под зеленомошно-сфагновым покровом, с мощностью СТС до 112 см.

Фация 1.1.4. Западины на днищах ложбин под магистральной топью, частично обводнённые, под осоково-сфагновым покровом, с мощностью СТС 90-100 см.

Подурочище 1.2. Склоны котловины, пологие и покатые, под листовничным редколесьем со средним ерником осоково-кустарничково-хвощёвым зеленомошным с пятнами лишайников, с мощностью СТС 50 см.

Урочище 2. Плоскобугристо-западинное болото.

Подурочище 2.1. Повышенная поверхность плоскобугристо-западинного болота, осложнённая буграми высотой 0,7 м, со сфагново-лишайниковым покровом по буграм и кустарничково-сфагновым покровом по МБП, с мощностью СТС от 35 до 112 см.

Фация 2.1.1. Поверхности плоских бугров, плоские, под багульниково-сфагново-лишайниковым покровом, с мощностью СТС 35 см.

Фация 2.1.2. Межападинные ложбины, корытообразные, под листовничным редколесьем ерниковым багульниково-миртовым сфагновым с пятнами зелёных мхов и лишайников, с мощностью СТС 35-50 см.

Фация 2.1.3. Пониженные межападинные ложбины, корытообразные, под морошково-багульниково-сфагновым и сфагновым покровом, с мощностью СТС 35-50 см.

Фация 2.1.4. Межападинные ложбины, U-образные, под зеленомошно-сфагновым покровом с редкой осокой и кустарничками, с мощностью СТС 112 см.

Фация 2.1.5. Западины, глубиной 0,5-0,7 м, под осоково-сфагновым покровом, с мощностью СТС 90 см.

Подурочище 2.2. Пониженные поверхности плоскобугристо-западинного болота, осложнённые ложбинами, западинами и крупными кочками, под кустарничково-сфагновым покровом по поверхностям и ложбинам и осоково-сфагновым покровом на кочках, с мощностью СТС 50 см.

Фация 2.2.1. Пониженные поверхности, под морошково-багульниково-сфагновым покровом, с мощностью СТС 50 см.

Фация 2.2.2. Межападинные ложбины, пологие, под морошково-багульниково-сфагновым покровом, с мощностью СТС 50 см.

Фация 2.2.3. Западины, глубиной 0,5-0,7 м, под осоково-сфагновым покровом, с мощностью СТС 90 см.

Подурочище 2.3. Склоны, пологие и покатые, под листовничным редколесьем ерниковым осоково-кустарничково-хвощёвым зеленомошным с пятнами лишайников, с мощностью СТС 50 см.

Урочище 1 состоит из сопряжённого ряда фаций, которые связаны между собой стоком болотных и натёчных вод. Урочище состоит из относительно повышенных основных поверхностей плоских бугров, сухих (фация 1.1.1), склонов ложбин и повышенных топяных частей ложбин (фация 1.1.2), пониженных топяных частей ложбин (фация 1.1.3) и западин на днищах ложбин в нижней части болота, аккумулирующих сток (фация 1.1.4). Ряд характеризуется повышением гидроморфности, с закономерной сменой фитоценозов. Наиболее влажные местообитания приурочены к вытянутым эрозионным ложбинам (фации 1.1.2 и 1.1.3), прорезавшим мёрзлые поверхности (фация 1.1.1).

Урочище 2 делится на повышенную и пониженную части, на обоих частях представлено чередование поверхностей плоских бугров с западинами различной формы и размеров. Повышенная часть (фации 2.1.1–2.1.6) характеризуются высокой долей площади МБП, а также относительно низким обилием лишайника на поверхностях бугров (фация 2.1.1), что указывает на высокую степень деградации массива. Вследствие, вероятно, неравномерного протаивания массива межзападинные ложбины имеют разную форму и дифференцируются по условиям увлажнения (фации 2.1.2–2.1.4). Пониженная часть урочища характеризуется существенно меньшим размером западин (фация 2.2.3), и на

поверхности плоских бугров (фация 2.2.1) они чередуются с крупными кочками под лишайниковым покровом. Число ложбин здесь меньше в сравнении с урочищем 1, и они имеют более пологие склоны (фация 2.2.2).

Таким образом, ландшафтная структура болота Нижняя Тунгуска образована эрозионным расчленением бугристых массивов при наличии уклона, а по образованным ложбинам начинает действовать термокарст. Данные процессы вызывают деградацию плоскобугристых массивов обоих типов (повышенная и пониженная части урочища), что отражается в повышенном увлажнении как поверхностей бугров, так и МБП.

Выводы. Применение съёмки с БПЛА при крупномасштабном картографировании крупного для исследуемого региона и труднодоступного болотного массива позволило построить для него подробную крупномасштабную карту, что невозможно при применении снимков сверхвысокого пространственного разрешения. Анализ ландшафтной структуры ПТК болота Нижняя Тунгуска показал, что ключевыми факторами ландшафтной дифференциации болотных комплексов массива являются положение болота на плоской надпойменной террасе, деградация торфяного плато и последующий термокарст.

Благодарности. Исследования выполнены при поддержке гранта Минобрнауки РФ (Соглашение № 075-15-2024-554 от 24.04.2024).

Список литературы

1. Багуев В.И. Классификация первичной гидрографической сети бугристых болот. // Вестник ТГПУ, 2010. Выпуск 3, №93. С. 70-77.
2. Васильчук Ю.К., Васильчук А.К., Буданцева Н.А., Чижова Ю.Н. Выпуклые бугры пучения многолетнемёрзлых торфяных массивов / Под ред. Ю.К. Васильчука. М.: Изд-во Моск. ун-та, 2008. 571 с.
3. Лисс О.Л., Абрамова Л.И., Аветов Н.А. и др. Болотные системы Западной Сибири и их природоохранное значение / под ред. д.б.н. профессора В. Б. Куваева. Тула: Гриф и К°, 2001. 584 с.
4. Мельников Е.С., Вейсман Л.И., Крицук Л.Н. и др. Ландшафтные индикаторы инженерно-геологических условий севера Западной Сибири и их дешифровочные признаки. М.: Недра, 1974. 182 с.
5. Остроухов А.В., Климина Е.М., Купцова В.А. Ландшафтное картографирование труднодоступных территорий на примере государственного природного заповедника «Болонский» (Россия) // Nature Conservation Research. Заповедная наука, 2020. Т. 5(2). С. 47-63.
6. Пьявченко Н.И. Торфяные болота, их природное и хозяйственное значение. М.: Наука, 1985. 152 с.
7. Пьявченко Н.И. К изучению болот Красноярского края. // Заболоченные леса и болота Сибири. / Отв. ред. Н.И. Пьявченко. М.: Изд-во Акад. Наук СССР, 1963. 219 с.
8. Гумель Н.В., Зотова Л.И. Геоэкология криолитозоны: Учебное пособие. М.: Географический факультет МГУ, 2014. 244 с.
9. Усова Л.И. Практическое пособие по ландшафтному дешифрированию аэрофотоснимков различных типов болот Западной Сибири. СПб.: Нестор-История, 2009. 80 с.

ПРИМЕНЕНИЕ ШКАЛ РАМЕНСКОГО ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ПРОЦЕССА ТОРФООБРАЗОВАНИЯ СРЕДНЕГО ПРИОБЬЯ

В.Р. Батршина, Е.Д. Лапшина, Е.А. Заров, А.А. Кулик

Югорский государственный университет, Ханты-Мансийск, Россия, lera.batrshina@icloud.com

В работе представлены результаты исследования ботанического состава торфа и расчетных характеристик по шкалам Раменского для трех ключевых участков. Было проанализировано 274 образца торфа и на основе их ботанического состава вычислены показатели богатства-засоленности и увлажнения территории. Выявлено, что участки Мухрино и Пунси схожи по показателю богатства-засоленности, что указывает на их сходство в типах генетического торфа. Торфяная залежь парка Кондинские озера оказалась более однородной по обоим показателям. На Мухрино преобладает сфагновый торф, характерный для верховых болот. В то же время, на территории парка Кондинские озера и озера Пунси доминирует древесно-

травяной торф. Данные отображают постепенный переход этих территорий от низинного к переходному типу болот в ходе своего развития.

Введение. Для центральной части Западной Сибири характерно распространение верховых болот, состоящих из слаборазложившихся сфагновых торфов. Торфяные отложения, напрямую зависящие от объемов отмирающей биомассы, влияют на перемещение углерода из верхнего слоя в нижний, что приводит к неравномерному накоплению торфа по времени и определяется соотношением между притоком органического вещества и его разложением [1]. Торфяники обладают значительными буферными свойствами, т.е. в значительной мере могут быть устойчивыми к изменениям климата и сохранять свой видовой состав в неизменном виде. В то же время, они представляют собой важный объект для изучения палеоэкологии и палеоклимата [2]. Анализ болотных экосистем позволяет не только реконструировать климатические изменения в прошлом, но и прогнозировать реакции торфяников на будущие климатические изменения [3, 4, 5].

Изучение палеоклимата прошлого включает в себя анализ пыльцы растений, изучение годовых колец деревьев, исследование ледников и другие методы, которые позволяют получить ценные научные данные о прошлых климатических изменениях и создать на их основе математические модели [6].

В работах [7, 8] ботанический состав торфа был использован как палеоклиматический индикатор. Исследования направлены на изучение климатических условий в прошлом, используя данные, полученные из анализа растительных остатков, найденных в торфяных отложениях.

В исследовании [3] были использованы разнообразные палеоэкологические характеристики, такие как ботанический состав растительности, раковинные амебы, n-алканы, степень гумификации торфа и другое. Важно отметить, что анализ палеоэкологических показателей

позволяет получить более точное и полное представление о климатических изменениях в прошлом.

В исследованиях палеоклимата, помимо традиционных методов, используются характеристики увлажнения по шкале Раменского (УВ) и богатства-засоленности (БЗ). Однако, ограничения использования этих методов в изучении болот связаны с сохранением в торфе преимущественно растений-торфообразователей. В данном исследовании проводится апробация методики, позволяющей применять шкалы Раменского для реконструкции прошлых изменений в болотных экосистемах. Анализ ботанического состава торфа, а также характеристик УВ и БЗ, позволяет воссоздать картину изменений растительности и оценить климатические изменения в прошлом, и прогнозировать возможные будущие изменения.

Цель данного исследования заключается в применении шкал Раменского для сравнения палеоклиматических характеристик торфяных отложений на территориях болотных массивов международного стационара Мухрино, природного парка «Кондинские озера» и территории озера Пунси (Большое Каюково).

Объекты и методы исследования. Исследование проводили на трех участках (рисунок 1): полевая станция Мухрино, расположенная на левом берегу реки Иртыш в 30 км к югу от Ханты-Мансийска (60°53.2' с.ш., 68°42.1' в.д.); природный парк имени Сташкевича «Кондинские озера», находящийся в 430 км к западу от Ханты-Мансийска (60°53.8' с.ш., 63°35.6' в.д.); озеро Пунси в Сургутском районе, в 360 км к юго-востоку от Ханты-Мансийска (60°11.0' с.ш., 72°47.1' в.д.).

Для исследования было отобрано несколько торфяных колонок с каждого участка (глубина торфяного керна в Мухрино составляла 5 м, в природном парке «Кондинские озера» – 3 м, а на территории озера Пунси – 3.5 м) достигающих минерального дна.

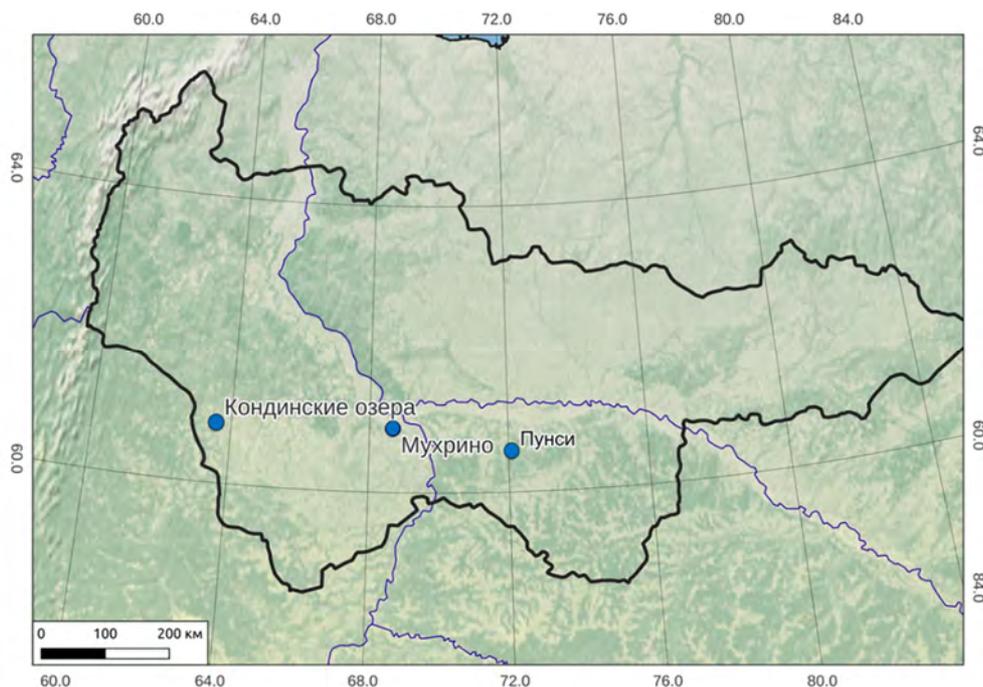


Рисунок 1 – Карта расположения точек отбора проб

В лаборатории образцы были разделены на сегменты по 10 см, для каждого из которых проводился ботанический анализ. Для этого 10-сантиметровые образцы промывались через сито (0.25 мм). Макроостатки рассматривались под микроскопом (Zeiss Axiostar, Германия) при увеличении 10–40х. Для составления стратиграфической колонки использовалась программа Peat Graph 1.1 [9]. Для оценки экологических показателей растений в торфе использовались УВ и БЗ согласно шкале Раменского в пакете IBIS 7.2. [10].

Результаты и обсуждение. Для описания стратиграфии торфяной залежи с каждой территории выбраны наиболее репрезентативные торфяные колонки.

Анализ ботанического состава стратиграфической колонки (рисунок 2А) показывает изменения в зависимости от глубины. В верхнем слое преобладает минеральный слой с глиной и суглинком, затем на глубине 500–400 см наблюдается преобладание хвоща с добавлением *Carex lasiocarpa*, *Sphagnum angustifolium* и *Sph. subsecundum*. На уровне 360–0 см доминирует *Sph. fuscum* с небольшим содержанием пушицы, кустарничков, коры и древесины сосны, а на глубине 140 см обнаруживается слой с изобилием вересковых кустарничков и коры сосны. Вся колонка характеризуется преобладанием сфагнового торфа.

Состав стратиграфической колонки (рисунок 2Б) довольно однороден. В придонном слое обнаруживается песок с суглинком, с 400 см до 280 см преобладает пушицево-древесный торф, с небольшим приростом коры ивы, сосны, кустарничков и *Sphagnum fuscum*. С глубины 270 см появляется *Sph. divinum* (и до 150 см), *Sph. majus* и кустарнички. На 90 см появляются остатки *Sph. majus*. С 60 см преобладает *Sph. balticum*.

Вдоль стратиграфического профиля с территории озера Пунси (рисунок 2В) обнаружено, что минеральное дно сложено песками. С 330 до 300 в составе торфа преобладает хвощ с кустарничками и корой ивы, после с 260 см по 150 см преобладают остатки вахты с примесью кустарничков. *Sphagnum angustifolium* проявляется на глубине 150 см, позже на глубине 80 см прирост *Sph. divinum*. С 40 см преобладает *Sph. fuscum*. Вдоль стратиграфического профиля преобладает древесно-травяной тип торфа.

Увлажнение и БЗ: Для торфа с территории Мухрино (рисунок 3) по показателю БЗ, характерна олиготрофная стадия развития болота, однако зафиксированы периоды, когда показатели превышали средние значения, что указывает на наличие более влажного мезо- и эвтрофного питания. УВ характеризуется присутствием гидромезофитных и гемигидрофитных видов.

Озеро Пунси (см. рисунок 3) характеризуется олиготрофной стадией, однако также наблюдаются периоды повышенных значений показателя БЗ, указывающие на мезоолиготрофные стадии развития. По УВ территория обладает гипогидрофильными сообществами.

Территория природного парка (см. рисунок 3) развивалась аналогично территориям Мухрино и Пунси. Показатели БЗ характеризуют олиготрофные и мезоолиготрофные стадии. УВ характеризуется присутствием гипогидрофильных видов.

Процессы формирования торфяных отложений на территории Мухрино и Пунси проявляют сходство, что отражается в повышенных значениях содержания орга-

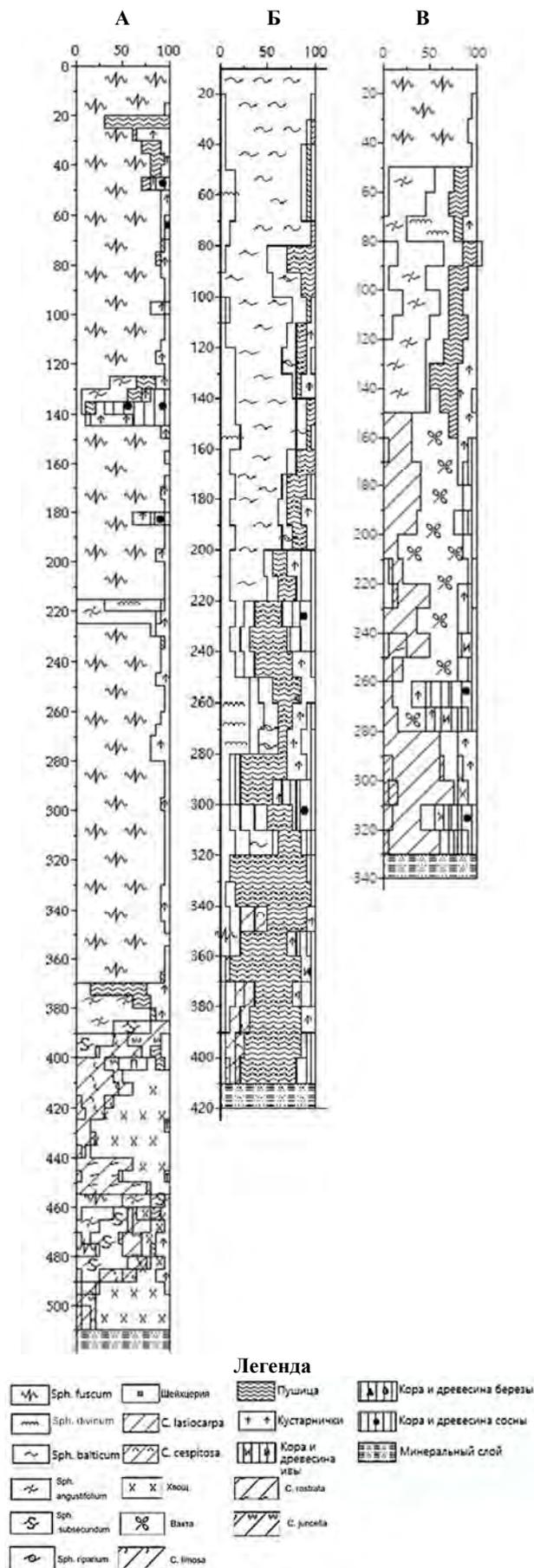


Рисунок 2 – Стратиграфические колонки по ключевым участкам: (А) Мухрино, (Б) Кондинские озера, (В) озеро Пунси

нических веществ. В то же время, территория природного парка характеризуется более однородными показателями в обеих областях исследования.

Ботанический состав территории различен: территория Мухрино относится к верховому типу болот, поскольку характеризуется преобладанием сфагновых

мхов вдоль всего стратиграфического профиля; на территориях природного парка и озера Пунси преобладает древесно-травяной торф, что свидетельствует о выраженных этапах развития болота от низинного до переходного (наличие также в придонных слоях гипсовых мхов), и постепенного перехода к верховому типу болот.

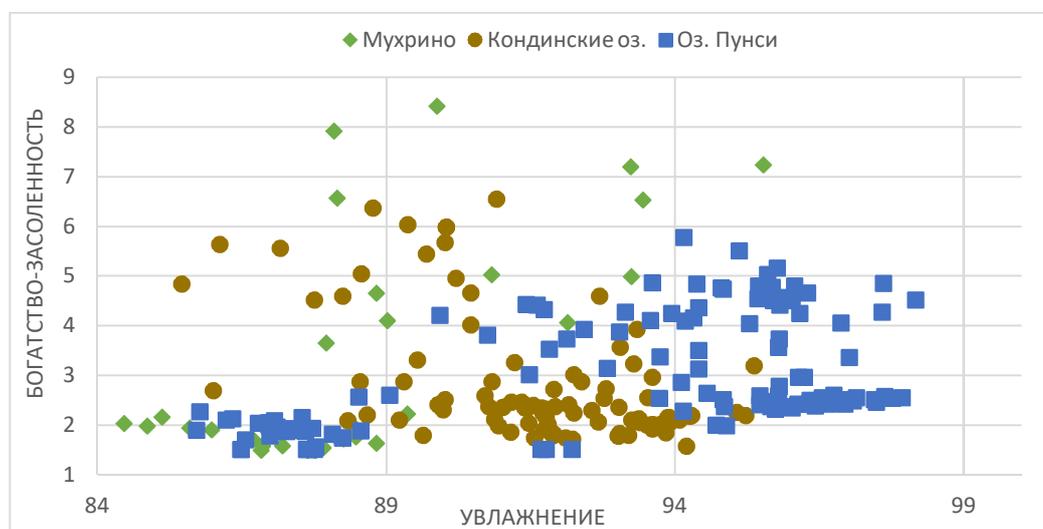


Рисунок 3 – Результаты по показателям увлажнения (УВ) и богатство засоленность (БЗ) по трём ключевым участкам

Благодарности. Работа выполнена при поддержке гранта Правительства Тюменской области в соответствии с программой Западно-Сибирского межрегионального научно-образовательного центра мирового уровня в рамках национального проекта «Наука». Соглашение № 94-ДОН/05.5/20-ЮГУ-231 от 14.12.2020.

Список литературы

1. Zarov E.A. et al. Carbon Accumulation and the Possibility of Carbon Losses by Vertical Movement of Dissolved Organic Carbon in Western Siberian Peatlands // Forests. – 2023. – Т. 14. – №. 12. – С. 2393.
2. Прейс Ю.И. и др. Динамика функционального состояния раннеголоценового болота Болтное как отклик на изменение палеоклимата (южная тайга Западной Сибири) //Тринадцатое Сибирское совещание и школа молодых ученых по климато-экологическому мониторингу. – 2019. – С. 220-221.
3. Tsyganov A.N. et al. Key periods of peatland development and environmental changes in the middle taiga zone of Western Siberia during the Holocene // Ambio. – 2021. – Т. 50. – С. 1896-1909.
4. Ratcliffe J.L., Creevy A., Andersen R. et al. 2017. Ecological and environmental transition across the forested-toopen bog ecotone in a west Siberian peatland. Science of the Total Environment 607–608: 816–828. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.06.276>.
5. Xu J., Morris P.J., Liu J., Holden J. PEATMAP: Refining estimates of global peatland distribution based on a meta-analysis. Catena, 160: 2018. 134-140. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2017.09.010>
6. Слепцов А.М., Клименко В.В. Обобщение палеоклиматических данных и реконструкция климата Восточной Европы за последние 2000 лет // История и современность. – 2005. – №. 1. – С. 118-135.
7. Halaś A. et al. Developing a new testate amoeba hydrological transfer function for permafrost peatlands of NW Siberia // Quaternary Science Reviews. – 2023. – Т. 308. – С. 108067.
8. Marcisz K. et al. Testate amoeba functional traits and their use in paleoecology //Frontiers in Ecology and Evolution. – 2020. – Т. 8. – С. 575966.
9. Дюкарев Е.А. Программа для анализа распределения растительных остатков и типов торфа по глубине // Материалы Пятого Сибирского совещания по климато-экологическому мониторингу. Томск: Изд-во ТИЦ СО РАН, 2003, с.171.
10. Зверев А.А. Информационные технологии в исследованиях растительного покрова. – 2007. -- Томск: ТМЛ-Пресс, 2007. — 304 с.

ФЛОРА И РАСТИТЕЛЬНОСТЬ БОЛОТ БАШКИРСКОГО ПРЕДУРАЛЬЯ

И.Г. Бикбаев, В.Б. Мартыненко, А.А. Мулдашев, Э.З. Баишева, П.С. Широких

Уфимский Институт биологии Уфимского федерального исследовательского центра РАН, Уфа, Россия, ilnur.bikbaev.90@mail.ru

В работе приведены основные результаты исследований флоры и растительности болотных массивов Башкирского Предуралья. Приведен продромус растительности болот Башкирского Предуралья, а также список редких и нуждающихся в охране видов высших сосудистых растений этого региона.

Территория Республики Башкортостан (РБ) относится к слабо заболоченным регионам. На долю болот в разных районах приходится от 0,1 до 6-11% площади, составляя в среднем по РБ около 1% [1]. Тем не менее, разнообразие болот РБ очень высокое. Несмотря на многочисленные флористические и геоботанические исследования Южно-Уральского региона, болота РБ были изучены крайне неравномерно. Чаще всего изучение проводили попутно, при обследовании флоры и растительности зональных типов сообществ [2, 3, 4].

По характеру рельефа и истории геологического развития на территории РБ выделяются три крупные геоморфологические области, существенно различающиеся по природно-климатическим условиям: равнины Башкирского Предуралья, горы Южного Урала и пeneплены Башкирского Зауралья.

Башкирское Предуралье (БП) занимает две трети территории РБ. Это платформенная часть, в которой преобладают пологоволнистая и холмисто-увалистая формы рельефа. Амплитуда абсолютных высот БП ко-

леблется от 60 до 480 м над ур. м., составляя, в среднем, 200-300 м над ур. м. Климат района континентальный, с умеренно теплым, иногда жарким летом и продолжительной умеренно холодной зимой, среднегодовая температура воздуха – +2.5–+3.5 °С, сумма положительных температур за период с температурой выше 10 °С – 1900-2350 °С, среднегодовое количество осадков – 450-500 мм, продолжительность безморозного периода 55-100 дней, гидротермический коэффициент по Селянину варьирует от 0.8 до 1.4 [5].

Всего на территории БП выявлено 887 болотных массивов, площадь которых составляет 0,67% от площади БП. В основу работы положены данные анализа флоры и растительности болотных массивов.

В результате геоботанического обследования были описаны растительные сообщества болотных массивов. На болотах БП выявлены сообщества, отнесенные к 6 классам, 14 порядкам, 19 союзам, 40 ассоциации, 4 субассоциациям, 25 вариантам, 2 фациям и 5 безранговым сообществам.

Продромус растительности болот Башкирского Предуралья

КЛАСС LEMNETEA O. de Bolòs et Masclans 1955

ПОРЯДОК LEMNETALIA MINORIS O. de Bolòs et Masclans 1955

Союз *Lemnion minoris* O. de Bolòs et Masclans 1955

Асс. *Lemnetum minoris* Soó 1927

КЛАСС POTAMOGETONETEA Klika in Klika et Novák 1941

ПОРЯДОК POTAMOGETONETALIA Koch 1926

Союз *Potamogetonion* Libbert 1931

Асс. *Potametum filiformis* W. Koch 1928

Асс. *Potametum natantis* Hild 1959

Асс. *Elodeetum canadensis* Nedelcu 1967

Союз *Nymphaeion albae* Oberd. 1957

Асс. *Nymphaeetum candidae* Miljan 1958

Асс. *Potamo-Nupharetum luteae* Müller et Görs 1960

Союз *Ranunculion aquatilis* Passarge ex Theurillat in Theurillat et al. 2015

Асс. *Batrachio trichophylli-Callitrichetum cophocarpae* Soó (1927) 1960

КЛАСС PHRAGMITO-MAGNOCARICETEA Klika in Klika et Novák 1941

ПОРЯДОК PHRAGMITETALIA Koch 1926

Союз *Phragmition communis* Koch 1926

Асс. *Phragmitetum australis* Savič 1926

Вариант *typica*

Вариант *Agrostis stolonifera*

Сообщество *Phragmites australis-Salix cinerea*

Асс. *Typhetum angustifoliae* Pignatti 1953

Вариант *Utricularia vulgaris*

Вариант *Lythrum salicaria*

Асс. *Typhetum latifoliae* Nowiński 1930

Асс. *Typhetum shuttleworthii* Nedelcu et al. ex Sumberova in Chytry 2011

Асс. *Equisetum fluviatilis* Nowinski 1930

Асс. *Glycerietum maximae* Nowinski 1930 corr. Sumberova et al. in Chytry 2011

ПОРЯДОК MAGNOCARICETALIA Pignatti 1953

Союз *Magnocaricion elatae* Koch 1926

Асс. *Caricetum juncelae* Mirkin et al. 1985

Вариант *Lythrum salicaria*

Асс. *Caricetum omskianae* Korolyuk 1993 em. Stepanovič 2000

Асс. *Caricetum atherodis* (Prokopjev 1990) et Taran 1995

- Acc. *Cladietum marisci* Allorge 1921
Acc. *Eleocharitetum mamillatae* Chepinoga 2013
Acc. *Phalaridetum arundinaceae* Libbert 1931
Acc. *Comaro palustris-Caricetum rostratae* Smagin 2000
Союз *Magnocaricion gracilis* Géhu 1961
Acc. *Caricetum ripariae* Máthé et Kovács 1959
Acc. *Caricetum gracilis* Savič 1926
Acc. *Caricetum vesicariae* Chouard 1924
Союз *Carici-Rumicion hydrolapathi* Passarge 1964
Acc. *Calletum palustris* Vanden Berghen 1952
ПОРЯДОК OENANTHETALIA AQUATICAE Hejný ex Balátová-Tuláčková et al. 1993
Союз *Eleocharito palustris-Sagittarion sagittifoliae* Passarge 1964
Acc. *Sagittario sagittifoliae-Sparganietum emersi* Tüxen 1953
 Вариант *Sagittaria sagittifolia*
 Вариант *Sparganium emersum*
 Вариант *Sparganium erectum*
Acc. *Oenanthe aquaticae-Rorippetum amphibiae* Lohmeyer 1950
Acc. *Alopecuro-Alismatetum plantaginis-aquaticae* Bolbrinker 1984
Acc. *Eleocharito palustris-Hippuridetum vulgaris* Passarge 1964
Acc. *Eleocharitetum palustris* Savič 1926
КЛАСС ALNETEA GLUTINOSAE Br.-Bl. et Tx. ex Westhoff et al. 1946
ПОРЯДОК ALNETALIA GLUTINOSAE Tx. 1937
Союз *Alnion glutinosae* Malcuit 1929
Acc. *Carici elongatae-Alnetum glutinosae* Koch 1926 R.Tx. et Bodeux 1955
 Вариант *typica*
 Вариант *Spirodela polyrhiza*
 Фация *Carex atherodes*
ПОРЯДОК SPHAGNO-BETULETALIA PUBESCENTIS Scamoni et Passarge 1959
Союз *Betulion pubescentis* Lohmeyer et Tx. ex Oberd. 1957
Acc. *Comaro palustris-Betuletum pubescentis* ass. nov. prov.
Acc. *Carici cespitosae-Betuletum pubescentis* Solomeshch et Grigoriev in Martynenko et al 2003
 Вариант *typica*
 Вариант *Betula pendula*
 Фация *Thelypteris palustris*
ПОРЯДОК SALICETALIA AURITAE Doing 1962
Союз *Salicion cinereae* T. Müller et Görs ex Passarge 1961
Acc. *Salicetum pentandro-cinerea* Passarge 1961
 Вариант *typica*
 Вариант *Calla palustris*
ПОРЯДОК CALAMAGROSTIO PURPUREAE-PICEETALIA OBOVATAE Lapshina 2010
Союз *Calamagrostio canescentis-Piceion abietis* Solomeshch in Willner et al. 2015
 Сообщество *Bistorta major-Betula pubescens*
КЛАСС SCHEUCHZERIO PALUSTRIS-CARICETEA FUSCAE Tx. 1937
 Сообщество *Comarum palustre-Sphagnum fallax*
 Сообщество *Menyanthes trifoliata*
ПОРЯДОК CARICETALIA DAVALLIANAE Br.-Bl. 1950
Союз *Caricion davallianae* Klika 1934
Acc. *Sanquisorbo officinalis-Schoenetum ferruginei* ass. nov. prov.
Субасс. *S.o.-S.f. typicum* subass. nov. prov.
 Вариант *typica*
 Вариант *Limprichtia cossoni*
 Вариант *Cladium mariscus*
Субасс. *S.o.-S.f. vaccinetosum uliginosi* subass. nov. prov.
ПОРЯДОК CARICETALIA FUSCAE Koch 1926
Союз *Sphagno-Caricion canescentis* Passarge (1964) 1978
Сообщество *Sphagnum fallax-Pinus sylvestris*
Acc. *Caricetum lasiocarpae* (Osvold 1923) Dierssen 1982
Суббас. *C.l. sphagnetosum fallacis* (Osvold 1925) B. et K. Dierssen 1984
Суббас. *C.l. sphagnetosum angustifolii* Boč et Smagin 1993
 Вариант *Chamaedaphne calyculata*
 Вариант *Salix lapponum*
Acc. *Caricetum rostratae* Rübel 1912
 Вариант *Carex vesicaria*
 Вариант *Sphagnum flexuosum*
 Вариант *Sphagnum fallax*
 Вариант *Oxycoccus palustris*
ПОРЯДОК SPHAGNO WARNSTORFII-TOMENTYPNETALIA Lapshina 2010
Союз *Sphagno warnstorffii-Tomentypnion nitentis* Dahl 1957
Acc. *Menyanthe trifoliatae-Sphagnetum teretis* Warén 1926

КЛАСС OXYCOCCO-SPHAGNETEA Br.-Bl. et Tx. ex Westhoff et al. 1946**ПОРЯДОК SPHAGNETALIA** MEDII Kästner et Flössner 1933Сообщество *Eriophorum vaginatum-Sphagnum angustifolium***Союз Oxycocco microcarpi-Empetrium hermaphroditi** Nordhagen ex Du Rietz 1954Акк. *Empetro nigri-Sphagnetum fusci* Osvald 1923**Союз Sphagnion medii** Kästner et Flössner 1933Акк. *Chamaedaphno-Sphagnum magellanici* Bogdanowskaya-Guiheneuf 1928 em. Воš 1990Вариант *Eriophorum vaginatum*Вариант *Carex lasiocarpa***ПОРЯДОК VACCINIO ULIGINOSI-PINETALIA SYLVESTRIS** Passarge 1968**Союз Vaccinio uliginosi-Piniosylvestris** Passarge 1968Акк. *Sphagno-Pinetum sylvestris* Kobendza 1930

Как видно из продromуса собственно болотная растительность представлена тремя классами **OXYCOCCO-SPHAGNETEA**, **SCHEUCHZERIO-CARICETEA** и **ALNETEA GLUTINOSAE**. Три других класса объединяют прибрежно-водную и водную растительность, которая является основой начала процессов торфообразования.

В ходе анализа флористических списков и геоботанических описаний, выполненных при обследовании болотных массивов БП, была выявлена общая флора, которая включила в себя 579 видов сосудистых растений и 194 вида мохообразных. Однако в этот список были внесены все виды, входящие в болотные массивы, включая виды, произрастающие на нарушенных болотах (осушенных, разработанных и т.п.), поэтому его нельзя рассматривать как парциальную флору болот. Парциальная флора болот БП включает 427 видов сосудистых растений и 148 видов мохообразных. Флороценотический комплекс, то есть ядро флоры болот БП, состоящее из видов высокой верности болотным биотопам, составил – 147 видов сосудистых растений и 94 вида мохообразных. Очевидно, что верность болотному биотопу у бриофитов значительно выше, чем у сосудистых растений, поскольку флороценотический комплекс бриофитов составляет 63,3% от парциальной флоры, а у сосудистых растений 34,3%. Это является характерной чертой болот региона, занимающих небольшие площади и характеризующихся колебаниями режима увлажнения, особенно в неблагоприятные годы с засухой.

Несмотря на незначительную суммарную площадь болот БП, бриофлора этих экосистем характеризуется

высоким богатством, сопоставимым с регионами, в которых болота занимают значительно большие площади.

Среди эколого-ценотических групп видов преобладают виды болотного и лесного экоценоципов, что объяснимо, учитывая положение района исследования в лесной и лесостепной зонах. Болотные экосистемы БП являются местом произрастания требовательных к стабильности режима увлажнения видов, многие из которых характерны для более северных, по отношению к РБ, регионов и в БП растут вблизи южной границы своих ареалов. Это подчеркивает важность сохранения болотных сообществ БП для поддержания фиторазнообразия региона.

Важнейшим показателем при определении природоохранной ценности растительных сообществ является наличие в их составе редких и нуждающихся в охране видов растений [6]. Установлено, что на территории болотных массивов БП произрастает 44 редких вида растений (таблица), которые занесены в Красную книгу РБ [7]. Из них 7 видов отнесены к 1-ой категории статуса редкости (виды, находящиеся под угрозой исчезновения), 22 – к 2-ой (сокращающиеся в численности) и 15 – к 3 (редкие). Из этих видов меч-трава обыкновенная (*Cladium mariscus* (L.) Pohl), венерин башмачок настоящий (*Cypripedium calceolus* L.), пальчатокоренник балтийский (*Dactylorhiza baltica* (Klinge) Orlova), кокушник ароматнейший (*Gymnadenia odoratissima* (L.) Rich.), липарис Лезеля (*Liparis loeselii* (L.) Rich.), офрис насекомоядная (*Ophrys insectifera* L.) и ятрышник шлемоносный (*Orchis militaris* L.) включены также в последнее издание Красной книги РФ [8].

Таблица – Редкие и нуждающиеся в охране виды высших сосудистых растений болот Башкирского Предуралья

№	Вид	Кат. ред.	Цено-тип	Троф-ность	Встр. вида	Сообщества	Фитоценотическая приуроченность
Виды, включенные в Красную книгу РБ (2011)							
1	<i>Betula nana</i> L.	2	Бол.	О	Ун.	Ет-с.	Sph.-Car., Ох.-Е.
2	<i>Carex dioica</i> L.	3	Бол.	М	Сп.	Ел., Ет-м, Мл.	Car. d., Sph.-Car., Ох.-Е.
3	<i>Carex serotina</i> Méral	2	Пр.-Лу.	М	Ун.	Ет.	Car. d., Sph.-Car
4	<i>Carex tenuiflora</i> Wahlenb.	1	Бо.-Ле.	М	Ун.	Мл.	Bet. p., Ох.-Е.
5	<i>Centaurium uliginosum</i> (Waldst. et Kit.) G. Beck ex Ronn.	2	Га.-Лу.	М	Ун.	Ет.	Sph.-Car.
6	<i>Chamaedaphne calyculata</i> (L.) Moench	3	Бол.	О	Сп.	Мл, Мт-с, Ол, Ос.	Bet. p., Vac.-Pin., Ох.-Е.
7	<i>Chimaphila umbellata</i> (L.) W. Barton	3	Лес.	М	Ун.	Ел.	Vac.-Pin.
8	<i>Cladium mariscus</i> (L.) Pohl	2	Бол.	МЭ	Р.	Ет-м.	Car. d., Phrag. с.
9	<i>Coeloglossum viride</i> (L.) C. Hartm.	2	Оп.-Лу.	М	Ун.	Ет.	Vac.-Pin.
10	<i>Cypripedium calceolus</i> L.	3	Лес.	М	Р.	Ел.	Vac.-Pin.
11	<i>Cypripedium guttatum</i> Sw.	3	Лес.	М	Р.	Ел.	Vac.-Pin.
12	<i>Dactylorhiza baltica</i> (Klinge) Orlova	2	Бо.-Лу.	М	Ун.	Ел.	Car. d., Mag.e.
13	<i>Dactylorhiza fuchsii</i> (Druce) Soó	3	Бо.-Ле.	ОМ	Р.	Ет, Ет-м, Мл.	Bet. p., Car. d., Mag.e.
14	<i>Dactylorhiza ochroleuca</i> (Wüstenh. ex Boll.) Holub	2	Бо.-Лу.	М	Р.	Ет, Ет-м.	Car. d., Sph.-Car.

№	Вид	Кат. ред.	Цено-тип	Троф-ность	Встр. вида	Сообщества	Фитоценологическая приуроченность
15	<i>Dactylorhiza russowii</i> (Klinge) Holub	2	Бол.	М	Р.	Ет.	Car. d., Sph.-Car.
16	<i>Drosera anglica</i> Huds.	2	Бол.	МО	Сп.	Ет-м, Мт-с, Мл, Ол, Ос.	Ох.-Е., Sph.-Car.
17	<i>Epipactis palustris</i> (L.) Crantz	3	Бо.-Лу.	М	Сп.	Ет, Ет-м.	Car. d., Mag.e.
18	<i>Eriophorum gracile</i> Koch	2	Бол.	М	Сп.	Ет-м, Мт-с, Мл.	Car. d., Sph.-Car., Sph.-Tomen., Ох.-Е., Sph.-Car.
19	<i>Gladiolus tenuis</i> Bieb.	3	Бо.-Лу.	М	Ун.	Ет.	Sph.-Car., Aln. g.
20	<i>Gratiola officinalis</i> L.	2	Пр.-Лу.	М	Ун.	Ет.	Aln. g.
21	<i>Gymnadenia conopsea</i> (L.) R. Br.	3	Оп.-Лу.	ЭМ	Р.	Ет, Мл, Ет-м.	Sph.-Car.
22	<i>Gymnadenia odoratissima</i> (L.) Rich.	2	Бо.-Лу.	М	Ун.	Ет.	Car.d.
23	<i>Hammarbya paludosa</i> (L.) O. Kuntze	2	Бол.	МО	Р.	Ет-м.	Sph.-Car.
24	<i>Herminium monorchis</i> (L.) R. Br.	1	Бо.-Лу.	М	Р.	Ет, Ет-м.	Mag. g., Sph.-Car.
25	<i>Iris pseudocorus</i> L.	2	Пр.-Бо.	М	Ун.	Ел, Ет.	Aln. g., Mag. g.
26	<i>Ledum palustre</i> L.	2	Бол.	О	Р.	Мл, Мт-с, Ол, Ос.	Vac.-Pin.
27	<i>Linum catharticum</i> L.	1	Луг.	М	Ун.	Ет.	Sph.-Car.
28	<i>Liparis loeselii</i> (L.) Rich.	1	Бол.	М	Р.	Ет, Ек, Ет-м.	Car. d., Sph.-Car.
29	<i>Listera cordata</i> (L.) R. Br.	3	Бо.-Ле.	М	Сп.	Мл, Мт-с, Ол.	Aln. g., Bet. p., Sph.-Tomen.
30	<i>Lycopodiella inundata</i> (L.) Holub	2	Бол.	МО	Ун.	Ет-м.	Ох.-Е., Sph.-Car.
31	<i>Ononis arvensis</i> L.	2	Пр.-Лу.	МЭ	Ун.	Ет.	Aln. g., Sal. c.
32	<i>Ophioglossum vulgatum</i> L.	1	Оп.-Лу.	М	Ун.	Ет-м.	Aln. g., Sph.-Car
33	<i>Ophrys insectifera</i> L.	2	Бо.-Лу.	М	Ун.	Ет.	Car. d., Sph.-Car., Aln. g., Mag. g., Sal. c.
34	<i>Orchis militaris</i> L.	2	Оп.-Лу.	М	Р.	Ет.	Car. d., Sph.-Car., Aln. g., Mag. g.
35	<i>Oxycoccus microcarpus</i> Turcz. ex Rupr.	3	Бол.	О	Р.	Мт-с, Ол, Ос.	Ох.-Е., Sph.-Car.
36	<i>Pinguicula vulgaris</i> L.	1	Бо.-Лу.	М	Р.	Ет-м.	Car. d.
37	<i>Potamogeton filiformis</i> Pers.	1	Вод.	М	Ун.	Ет-м.	Sph.-Car., Pot.
38	<i>Primula longiscapa</i> Ledeb.	3	Га.-Лу.	М	Ун.	Ет.	Car. d.
39	<i>Rhynchospora alba</i> (L.) Vahl	2	Бол.	МО	Р.	Ет-м.	Sph.-Car.
40	<i>Salix starkeana</i> Willd.	3	Бо.-Оп.	М	Ун.	Ел, Ет.	Aln. g., Car. f., Sph.-Car., Vac.-Pin., Mag. e., Sal.c.
41	<i>Salvinia natans</i> (L.) All.	3	Вод.	М	Ун.	Ет-м.	Sph.-Car., Mag. g., Pot. p., Pot.
42	<i>Saxifraga hirculus</i> L.	2	Бо.-Лу.	М	Р.	Ет, Ет-м, Мт-с.	Sph.-Car., Ох.-Е.
43	<i>Schoenus ferrugineus</i> L.	3	Бол.	М	Р.	Ет, Ек, Ел, Ет-м.	Car. d., Mag.e.
44	<i>Utricularia minor</i> L.	2	Вод.	МО	Р.	Ет, Ет-м.	Pot., Sph.-Car.

Примечание.

Категория редкости (по Красной книге РБ, 2011): 1 – виды, находящиеся под угрозой исчезновения; 2 – виды, сокращающиеся в численности; 3 – редкие виды.

Ценологическая группа (ценотип): Бо.-Ле. – болотно-лесная; Бо.-Лу. – болотно-луговая; Бо.-Оп. – болотно-опушечная; Бол. – болотная; Вод. – водная; Га.-Лу. – галофитно-луговая; Лес. – лесная; Луг. – луговая; Оп.-Лу. – опушечно-луговая; Пр.-Бо. – прибрежно-болотная; Пр.-Во. – прибрежно-водная; Пр.-Лу. – прибрежно-луговая.

Трофность: М – мезотроф; МО – мезо-олиготроф; МЭ – мезозтрофы; О – олиготроф; Ом – олигомезотроф; ЭМ – эвмезотроф.

Встречаемость вида: Р – редкий; Сп – спорадический; Ун – уникальный (встречен 1-2 раза).

Сообщества (формация): Ек. – ефтрофно-кустарниковая; Ел. – ефтрофно-лесная; Ет. – ефтрофно-травяная; Ет-м. – ефтрофно-травяно-моховая; Ет-с – ефтрофно-травяно-сфагновая; Мл. – мезотрофно-лесная; Мт-с. – мезотрофно-травяно-сфагновая; Ол. – олиготрофно-лесная; Ос. – олиготрофно-сфагновая.

Фитоценологическая приуроченность (союз эколого-флористической классификации): Aln. g. – Alnion glutinosae; Bet. p. – Betulion pubescentis; Car. d. – Caricion davallianae; Mag. g. – Magnocaricion gracilis; Mag.e. – Magnocaricion elatae; Ох.-Е. – Oxycocco microcarpi-Empetrium hermaphroditum; Pot. – Potamogetonion; Phrag. c. – Phragmitum communis; Sph.-Car. – Sphagno-Caricion canescentis; Sph.-Tomen. – Sphagno warnstorffii-Tomentypnion nitentis; Sal. c. – Salicion cinereae; Vac.-Pin. – Vaccinio uliginosi-Pinion sylvestris.

Таким образом, болотные экосистемы БП хоть и занимают небольшие площади, но включают богатое разнообразие и большой пул редких и нуждающихся в охране видов растений, поэтому их сохранение явля-

ется важнейшей природоохранной задачей. В последние годы благодаря нашими усилиями в РБ было обособлено и учреждено 15 новых памятников природы по сохранению ценных болотных экосистем [9].

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 22-14-00003, <https://rscf.ru/project/22-14-00003/>.

Список литературы

1. Бикбаев И.Г., Мартыненко В.Б. Растительность лесных болот Башкирского Предуралья // Экобиотех, 2020. Том 3. № 3. С. 497-504.
2. Баишева Э.З., Мулдашев А.А., Мартыненко В.Б. и др. Флора карстовых болот Башкирского Предуралья // Ботанический журнал. 2012. Т. 97. № 8. С. 26-55.
3. Баишева Э.З., Мулдашев А.А., Мартыненко В.Б. и др. Анализ флоры высших растений Тюлюкского болота (Южный Урал, природный парк «Иремель») // Известия Самарского научного центра РАН. 2012. Т. 14, № 1 (7). С. 1684-1688.
4. Баишева Э.З., Мартыненко В.Б., Миркин Б.М. и др. Болота Республики Башкортостан как объект первостепенной охраны // Вестник АН РБ. 2015. Т. 20 № 3 (79). С. 5-13.

5. Атлас Республики Башкортостан / ред. И. М. Япаров. Уфа: Китап, 2005. 420 с.
6. Martynenko V.B., Mirkin B.M., Baisheva E.Z. et al. Green Data Books: Concepts, Experience, and Perspectives // Biology Bulletin Reviews, 2015, Vol. 5, № 4. P. 331-340.
7. Красная книга Республики Башкортостан. Т. 1. Растения и грибы / под ред. Б.М. Миркина. 2-изд. Уфа: Медиа принт, 2011. 384 с.
8. Красная книга Российской Федерации (растения и грибы). М.: Товарищество научных изданий КМК, 2008. 855 с.
9. Реестр особо охраняемых природных территорий республиканского значения / А.А. Мулдашев, Э.П. Позднякова, Л.А. Едренкина и др. Изд. 4-е, перераб. Воронеж: ИП Коновалов И.С., 2020. 404 с.

ОСОБЕННОСТИ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ВИДОВ *SPHAGNUM* В ДУБНЕНСКОМ ЛЕСОБОЛОТНОМ МАССИВЕ

М.Я. Войтехов

Талдомская администрация особо охраняемых природных территорий, Талдом, Московская обл., Россия,
mihail-voytehov@yandex.ru

*Рассмотрены факторы, влияющие на распространение (распределение) видов *Sphagnum*, их реализуемые экологические ниши по увлажнению, освещённости, минеральному питанию в Дубненском лесоболотном массиве – в природной зоне, где соотношение осадков и испарения близко к единице, и засухи являются обычным явлением, в т.ч. на территориях, где осушительная сеть создала маловероятные в естественной среде сочетания указанных факторов, в ряде случаев экстремальные для *Sphagnum*. Приведены примеры межвидовой конкуренции в связи с разной реакцией видов *Sphagnum* на влияние рассмотренных факторов.*

Дубненский лесоболотный массив расположен на севере Московской области, в Талдомском и Сергиево-Посадском районах, в долине реки Дубна (подзона хвойно-широколиственных лесов), сфагновые болота имеют склоновую локализацию южной экспозиции между Талдомской морено-холмистой грядой (состав от супесей до карбонатных суглинков) и поймой р. Дубна. На площади с доминированием сфагнового покрова перепад высот составляет до 4 м на дистанции до 6 км (максимальный перепад высот между пиками гряды и межнным уровнем р. Дубны на прилегающей территории до 28 м на дистанции до 10 км). Среди сфагнового болота спорадически встречаются выходы грунтовых вод, не оказывающие заметного влияния на общее увлажнение, но локально создающие более эвтрофные или мезотрофные условия (поскольку для склонов Талдомской гряды характерна площадная разгрузка грунтовых вод, а не локализованные их выходы, далее мы пишем про места разгрузки, выходы грунтовых вод, а не про ключи). Несколько минеральных островов, покрытых древесной растительностью, находятся посреди и по краям сфагнового болота. В зонах поверхностного стока с Талдомской гряды между сфагновыми болотами расположены полосы оторфованных эвтрофных березняков и черноольшаников.

Дубненский лесоболотный массив пережил два этапа осушения – в 1926-1928 гг. (спрямление реки Дубны, приведшее к снижению высоты и продолжительности паводков и выходу части территории из пойменного режима) [6] и 1975-1978 гг. (строительство осушительной сети сельско- и лесохозяйственного назначения). В начале 1920х гг. в припойменной части болота под слоем торфа 40 см А.Ф. Флёровым были отмечены следы обширного пожара [7]. Лесоосушение и сельхоз-осушение непосредственно затронули около 20% площади болот, на которых ранее доминировали

сфагновые сообщества. В результате сельхозосушения полностью утрачены открытые пойменные осоково-гипновые болота, посреди которых, по свидетельствам местных жителей, существовали сфагново-берёзовые «острова» шириной до десятков метров. По данным анализа торфа, между сфагновыми и осоково-гипновыми болотами существовали шейхцериевые экотоны, видимо, представлявшие собой зону экспансии олиготрофного болота на пойменные сообщества (на расстоянии 150-200 м от края осушенного для сельскохозяйственных целей торфяника, поверх низинного торфа слой шейхцери и 0,3-0,5 м обнаруживается под слоем сфагново-пушицевого торфа на глубине около 1 м, постепенно выходя на поверхность по направлению к олиготрофно-эвтрофному экотону, в настоящее время большая часть которого находится на сельхозземлях и нарушена, на границе сельхозземель шейхцериевый торф местами выходит на поверхность, а местами перекрыт слоем сфагново-пушицевого торфа до 40 см). Менее пострадали от осушения экотоны между сфагновыми болотами и лесами на минеральных островах, между сфагновыми болотами и эвтрофными черноольшаниками. В 2003 г. и 2009 г. на части объекта лесоосушения проведена блокировка осушительных канав с целью снижения пожарной опасности. На повторно обводнённой территории в 2003-2018 гг. проводился мониторинг растительности на постоянных площадках [2], на остальной территории – маршрутные исследования растительности. На постоянных пробных площадках фиксировались все виды *Sphagnum*, в ходе маршрутных исследований, в основном, только выделяющиеся на фоне остального растительного покрова виды. Наиболее подробно исследована осушенная часть болота, повторно обводнённые участки, наименее подробно – неосушенные эвтрофные окрайки, на которых, возможно, остаются неучтённые виды

Sphagnum либо неописанные оригинальные типы местообитаний упомянутых в тексте видов.

Пушица влагалищная (*Eriophorum vaginatum*), а также разные виды осок и кустарничков встречаются в различных количествах и сочетаниях на всех олиготрофных и мезотрофных участках болота, участие надводных сосудистых растений (в отличие от плавающих на поверхности воды) в конкуренции с видами и между олиготрофными и мезотрофными видами *Sphagnum* в условиях Дубненского лесоболотного массива не выявлено, поэтому далее в тексте надводные боровые сосудистые растения не упоминаются.

По наблюдениям автора, особенности распространения многих видов *Sphagnum* существенно различаются в разных регионах. Это может быть связано как с тем, что конкурирующие виды оставляют более узкий диапазон реализуемой экологической ниши по сравнению с потенциальной экологической нишей, определяемой общей генетикой вида, так и с генетическими особенностями популяций в пределах единого, определяемого по морфологическим признакам вида (например, сообщалось, что образцы *Pleurozium schreberi* из зоны лесотундры и южной части таёжной зоны существенно различаются по приспособленности к существованию на открытых пространствах [1], поэтому нельзя исключить, что и у других видов мхов может существенно различаться реакция на факторы внешней среды, не связанные с явными морфологическими различиями. По наблюдениям автора в Воронежской обл., в болотах надпойменной террасы р. Хопра *Sph. angustifolium* ведёт себя как эксплорент, быстро колонизируя торчащие над водой кучи прошлогодних стеблей тростника, валеж берёзы [3], в работах Е.М. Лавренко также отмечалась быстрая колонизация *Sph. angustifolium* новых местообитаний в лесостепи [5], но в Дубненском массиве в подобных условиях на валеже отмечены только зелёные мхи, и даже колонизация мокрого голого торфа более медленная).

Ранее болотоведами проведена большая работа по зонированию болотных экосистем (по Европейской части бывш. СССР наиболее значительны работы Т.К. Юрковской, например [9]), в то же время, меньше внимания уделялось различиям экологических предпочтений отдельных видов *Sphagnum* в разных природных зонах (краткие характеристики видов представлены, например в [4]). Виды *Sphagnum* в экологических шкалах Д.Н. Цыганова [8] представлены лишь отрывочно, либо их характеристики в этих шкалах не всегда корректны, что создаёт трудности при использовании данных шкал при описаниях экосистем. Ниже представлены описания экологических предпочтений видов *Sphagnum* в Дубненском лесоболотном массиве в порядке убывания обилия видов.

Sphagnum angustifolium – наиболее массовый и наиболее толерантный к сухости среди олиготрофных видов сфагновых мхов – пятна *Sph. angustifolium* встречаются среди зелёных мхов даже на наиболее иссушенных участках олиготрофных и мезотрофных болот, где 50% и более поверхности – голый торф. На неосушенных участках соперничает в обилии, прежде всего, с *Sph. divinum* и *Sph. balticum*. На умеренно осушенных олиготрофных участках (облесённых сосной высотой

5-10 м при сомкнутости крон более 70%) образует моновидовой покров, занимая все элементы микрорельефа, видимо, более устойчив к затенению, чем *Sph. divinum*. На одной из мониторинговых площадок с невыраженным микрорельефом в осушенном олигомезотрофном сосняке, в зависимости от влажности года, менялось доминирование в напочвенном покрове *Pleurozium schreberi* и *Sph. angustifolium*, которые росли попеременно.

Sphagnum divinum (*Sph. magellanicum*) – наиболее обилён на неосушенных олиготрофных и олигомезотрофных участках болот. На временах затопляемых местах соперничает в обилии с *Sph. balticum* или *Sph. fallax* и может формировать там моновидовые ковры (более устойчив к временному затоплению, чем *Sph. angustifolium*, а к обсыханию, чем *Sph. balticum* и *Sph. fallax*, во влажные годы происходит экспансия на такие участки гигрогидрофильных видов, а в сухие – усиление монополизма *Sph. divinum*). На освещённых не экстремально осушенных участках может расти вместе с *Sph. angustifolium*, но, видимо, проигрывает в конкуренции последнему при сочетании затенения и умеренного дефицита воды, часто отсутствует в умеренно осушенных густых олиготрофных сосняках, где *Sph. angustifolium* образует моновидовые ковры, но появляется на просеках в них, а также при сомкнутости крон менее 70%, и в более влажных местах при той же высоте и сомкнутости древостоя более 70%.

В качестве положительных элементов микрорельефа типичны кочки и подушки, формируемые совместно *Sphagnum angustifolium*, *Sph. divinum* и *Polytrichum strictum* в разных условиях: среди и осушенных, и неосушенных олиготрофных и олигомезотрофных сосняков, на открытых террасах среди ковров *Sph. balticum* и *Sph. fallax*. В неосушенных и осушенных сосняках к указанным видам может добавляться (обычно в небольших количествах) *Sph. centrale*. В густых сосняках, обычно расположенных в местах, где поверхность болота имеет выраженный уклон, такие положительные элементы занимают до 80% поверхности, на открытых террасах среди ковров мочажинных видов площадь таких кочек и подушек (диаметром до 2,5 м) обычно 10-30%.

Sphagnum balticum – обычный вид мочажин среди олиготрофных сосняков (между кочками *Sph. angustifolium*, *Sph. divinum*, *Polytrichum strictum*), доминирует на длительно затопляемых открытых олиготрофных террасах (несколько меньше выражено это доминирование на узких горизонтальных олиготрофных террасах между участками с более выраженным уклоном поверхности болота, а также участках с очень небольшим уклоном, которые затопляются во время дождей, но быстрее обсыхают в междождевые периоды, сочетание положительных и отрицательных элементов микрорельефа может существенно колебаться: на фоне характерной для склоновых болотных сосняков площади положительных элементов микрорельефа 60-80%, где ширина мочажин редко более 0,3 м, довольно регулярно встречаются сплошные *Sph. balticum* мочажин шириной до 1,5-2,5 м). На дне осушительных канав *Sph. balticum* редок, уступая *Sph. cuspidatum* и *Sph. fallax* (если встречается, то, в основном, в верховьях

канал, не дренирующих грунтовые воды и заливаемых только во время дождей).

Sphagnum fallax – на неосушенных участках обилён вблизи локальных выходов грунтовых вод (в местах разгрузки грунтовых вод по краям горизонтальных террас, подпитываемых также поверхностным стоком с вышележащих участков болот, формируются сфагновые ковры с угнетённым березняком с выраженными приствольными повышениями, нередко образующим вывалы, что приводит к расчленённости микрорельефа до 40 см по вертикали, где многие положительные элементы микрорельефа могут быть покрыты только *Sph. fallax*) и в межкочьях на мезоолиготрофных неосушенных или умеренно осушенных участках болот (облесённых сосной высотой 8-15 м или берёзой), обычно доминирует в осушительных канавах, дренирующих выходы грунтовых вод, и в местах поверхностного стока из перекрытых плотинами таких каналов, реже в пожарных водоёмах. Один из наиболее быстро растущих видов *Sphagnum*, в осушительных канавах наиболее быстро наращивает биомассу, довольно устойчив к повреждению водными потоками (обычно растёт сплошным прикреплённым ко дну или откосам канав ковром, отдельные побеги не характерны), в больших водоёмах (например, пожарных) растёт, в основном, вдоль берегов, редко участвует в первых стадиях формирования сплавины, в т.ч. с «каркасом» из плавающих сосудистых растений, оставляя эту роль *Sph. cuspidatum* и *Sph. majus*, но может расти на формирующихся сплавинах «второй волной» поверх указанных видов. В мезоолиготрофных мочажинах линейный прирост обычно меньше, чем в канавах (отмеченные рекорды 15 и 28 см, соответственно), что может быть связано с меньшей проточностью в мочажинах воды, поставляющей элементы минерального питания головкам, которые одинаково хорошо себя чувствуют над и под поверхностью воды. В осушительных канавах *Sph. fallax* обычно колонизирует также откосы, периодически заливаемые во время дождевых паводков, при этом головки мха могут находиться на 20-25 см (редко более) выше межженного уровня воды в канавах (возможно, это связано с его высокой способностью капиллярного подъёма воды), при падении уровня воды в канавах в годы засух, оказавшиеся на 40 см и более выше уровня воды головки *Sph. fallax*, обсыхающие днём и, вероятно, частично увлажняемые росой ночью, после заполнения канав водой могут продолжать рост. В верхней части упомянутого выше экотонного слоя шейхцериевого торфа примесь остатков *Sph. fallax* составляла 20-30%.

Sphagnum squarrosum – наиболее обильный среди эвтрофных видов сфагновых мхов, для него характерен наибольший среди всех встречающихся в Дубненском лесоболотном массиве видов *Sphagnum* диапазон влажности местообитаний. Встречается в виде пятен, кочек и подушек на иссушенных эвтрофных травяных и зеленомошных участках торфяников (в т.ч. там, где 50% и более поверхности – голый торф), в сухих и заполненных водой канавах в эвтрофных торфах, на открытых осоковых сплавинах в пойменной зоне (среди черноольшаников), в неосушенных внепойменных березняках и черноольшаниках – и на кочках, и в мочажинах, местами образует сплошные ковры в неосушенных березняках, затопляемых весной и в периоды дождей и

постепенно обсыхающих в междождевые периоды. В затопленных водой канавах и в мочажинах среди черноольшаников головки *Sph. squarrosum* обычно находятся выше поверхности воды (в канавах с переменным уровнем воды могут наблюдаться всплывающие рыхлые подушки).

Sphagnum cuspidatum – обилён в заполненных водой канавах и в пожарных водоёмах в мезо-олиготрофных и олиготрофных участках болот (в пожарных водоёмах формирует сплавины на «каркасе» из *Carex limosa*), обычен на выбитых среди ковра *Sph. balticum* тропах на длительно затопляемых открытых участках олиготрофных террас (на выбитых среди ковра *Sph. fallax* тропах не отмечен). Один из наиболее быстро растущих видов *Sphagnum*, однако в осушительных канавах обычно уступает *Sph. fallax* в наращивании биомассы, поскольку менее устойчив к повреждению водными потоками, и при паводках часть побегов уносится водой. Это связано как с меньшей прочностью стеблей *Sph. cuspidatum*, так и с тем, что, в отличие от *Sph. fallax*, *Sph. cuspidatum* растёт рыхлой массой и даже отдельными побегами под поверхностью воды. В отличие от конкурирующего с ним в канавах *Sph. fallax*, головки *Sph. cuspidatum* всегда погружены в воду, в случае обсыхания прекращают рост.

Sphagnum centrale – наиболее толерантный к иссушению среди мезотрофных видов сфагновых мхов, единственный вид сфагнов встречен в виде подушек на песчаном острове среди болота, также обычны его кочки и подушки среди зелёных мхов на наиболее осушенных сосновых и берёзовых экотонах между олиготрофными и эвтрофными болотами (в т.ч. там, где 50% и более поверхности – голый торф), где может соседствовать с *Sph. squarrosum* (но чаще встречается в более бедных условиях), а также в неосушенных экотонах, в сосняках-брусничниках на торфе, в неосушенных и умеренно осушенных мезоолиготрофных сосняках в виде примеси на кочках из *Sph. angustifolium*, *Sph. divinum* и *Polytrichum strictum*. На контрастном по увлажнению участке периодического стока из перекрытой плотиной канавы, дренирующей выходы грунтовых вод, *Sph. centrale* встречается в виде отдельных пятен на всех элементах микрорельефа, непосредственно соседствуя то с *Sph. angustifolium* и *Sph. divinum*, то с *Sph. fallax*. Везде встречается только в виде отдельных кочек или примеси на кочках с другими видами, сплошные массивы нигде не отмечены, наибольшие по размеру подушки – в сухих местах.

Sphagnum girgensohnii – встречается в умеренно осушенных мезотрофных сосняках, реже березняках, иногда локально достигая высокого обилия.

Sphagnum fuscum – не редок на подушках на открытой (не облесённой болотной сосной, но, местами, с единичными угнетёнными берёзками) припойменной террасе среди ковра *Sph. balticum* (единично среди ковра *Sph. fallax*) вне длительно затопляемых открытых участков болота, в зоне, где даже в периоды засух в связи с близостью реки и пойменных черноольшаников выпадает роса, видимо, неустойчив к длительному иссушению. Большинство подушек на припойменной террасе сформировано смесью *Sph. angustifolium*, *Sph. divinum* и *Polytrichum strictum*, по краям которых пятна *Sph. fuscum*, либо он вообще отсутствует, но встречаются

ся и подушки с доминированием или из почти чистого *Sph. fuscum*, причём резкие различия в доминировании могут встречаться на соседних подушках.

Sphagnum teres – встречается рядом с *Sph. squarrosum*, но в меньшем обилии, на осушенных (но не экстремально сухих) участках эвтрофных торфяников, на дне сухих и заполненных водой осушительных канав в эвтрофном торфе, довольно теневынослив, в затенённых участках на откосах канав в эвтрофном торфе долгие, чем на более освещённых участках, выдерживает конкуренцию с быстро растущим *Sph. fallax*. В результате повторного обводнения *Sph. teres* колонизировал (редкими небольшими пятнами) ряд ранее иссушенных участков эвтрофных торфов, но, видимо, уже уступает завоёванные позиции в результате развития на этих местах богатого разнотравья. На неосушенных участках болота образует узкие полосы, ширина которых колеблется в зависимости от водности года, по краю минеральных островов среди олиготрофных болот.

Sphagnum jensenii – обилён в межкочьях в экотонных черноольшаниках на границе поймы с олиготрофными болотами. Эти межкочья обычно питаются поверхностным стоком с олиготрофных (*Sph. balticum*) террас, прекращающимся в сухие периоды, а в годы высоких паводков заливаются речными водами. Такие экотонные черноольшаники по составу и обилию большинства видов могли бы быть отнесены по фитоценотической классификации к ассоциации *Sphagno squarrosi-Alnetum* [10], но *Sph. squarrosum* в них замещён на *Sph. jensenii* (в отличие от номинальной *Sphagno squarrosi-Alnetum* в мочажинах на этих экотонах также отсутствует такие характерные плавающие растения, как: ряска – *Lemna*, риччия – *Riccia*, но нередко встречается пузырчатка средняя – *Utricularia intermedia*). В том месте, где черноольшаник защищён от поверхностного стока с олиготрофного болота минеральным островом, а также выходами грунтовых вод, «*Sphagno jensenii-Alnetum*» переходит в классический *Sphagno squarrosi-Alnetum*. «Ассоциация *Sphagno jensenii-Alnetum*» видимо, зона экспансии олиготрофных сообществ на пойму, на некоторых участках ольха сменяется сосной, и в наземном покрове на кочках снижается обилие нитрофилов и возрастает обилие боровых видов. В зоне лесосушения *Sph. jensenii* местами формирует сплошной покров на контрастных по влажности и минеральному питанию откосах канав, заливаемых в пики весенних и ливневых летних паводков стоком с минерального склона и черноольшаника, при малоинтенсивных затяжных дождях – стоком с олиготрофного болота, но обсыхающих в междождевые периоды.

Sphagnum subsecundum – спорадически встречается отдельными пучками или мозаичными коврами в мокрых березняках, в т.ч., как и *Sph. jensenii*, в экотонах, где минеральное богатство болотных вод может быть изменчиво в результате периодического, в случаях высоких весенних или дождевых паводков, затопления водами прилегающих более эвтрофных участков, а в более сухие годы питаемых только атмосферными осадками. В более сухие или более влажные годы *Sph. subsecundum* в таких экотонах могут замещать на повышенных или пониженных элементах микрорельефа, соответственно, *Sph. angustifolium* или *Sph. fallax*.

Sphagnum obtusum – нередок на мезоповышениях среди мокрых березняков, где в мезопонижениях доминирует *Sph. subsecundum*; в ерниковом экотоне между олиготрофным болотом и вейниковым березняком, чередуясь там и там с *Sph. angustifolium* и *Sph. divinum*, также отмечен на кочке в экотоне между зеленомошным ельником-сосняком и обводнённым березняком с доминированием *Sph. fallax*; на сообщающимся с олиготрофным болотом понижении, где слой воды до в разные годы колеблется от 0 до 15 см, среди минерального острова (по краям того же острова *Sph. teres*). До повторного обводнения также был отмечен на дне осушительной канавы в сосново-берёзовом экотоне между мезотрофным сосняком и черноольшаником.

Sphagnum palustre – обилён на черноольховых и сосновых кочках в припойменной зоне на границе с олиготрофными участками, где даже в периоды засух в связи с близостью реки выпадает роса. Видимо, неустойчив к длительному иссушению. С 12-го года повторного обводнения также появился на одной из мониторинговых площадок в вейниково-осоковом березняке – экотоне между сосново-сфагновыми и черноольховыми участками болота. Несколько угнетённых пятен (длина веточных листьев до 1,2 мм) отмечены в полосе ельника зеленомошного, представляющего собой экотон между мезотрофным сосняком (частично временно сменившегося березняком на гари 1996 г.) и черноольшаником. Вероятно, это остатки более благополучной популяции, пострадавшей в результате пожара и осушения на прилегающих территориях.

Sphagnum riparium – встречается непосредственно вблизи локальных выходов грунтовых вод, существенно уступая в обилии *Sph. fallax*, более требователен к минеральному питанию, не отмечен в местах стока по поверхности болота, но встречается на минеральном дне канавы, на поверхность которой стекает вода с олиготрофных участков. Появляясь на дне канав в местах выходов грунтовых вод или на участках с минеральным дном в качестве пионера сфагновых мхов, в связи с быстрым нарастанием биомассы (при достаточном минеральном питании *Sph. riparium* успешно конкурирует с *Sph. fallax*) его головки выходят за пределы оптимальных для вида условий, и он сменяется менее требовательными к минеральному питанию или увлажнению видами. На участках более стабильного увлажнения его обычно сменяет *Sph. fallax* (*Sph. riparium* долгие сохраняет свои позиции в затенённых местах, иногда вместе с *Sph. teres*). Также, видимо, менее устойчив к периодическому обсыханию головок, чем *Sph. squarrosum* в *Sph. teres*, и в этом причина смены *Sph. riparium* этими видами на участке с более контрастным гидрорежимом (в заполненных водой канавах головки *Sph. riparium* могут возвышаться над поверхностью воды на 2-3 см). За последние два десятилетия *Sph. riparium* исчез в большинстве известных ранее местообитаний в канавах, сменившись указанными *Sph. fallax*, *Sph. squarrosum* в *Sph. teres*, и сохранился только на минеральном дне канавы и у мест обильной разгрузки грунтовых вод на границах сфагнового и черноольхового болот.

Sphagnum flexuosum – в неосушенной части болота отмечен пятнами в экотоне между мезотрофным зеле-

номошно-сфагновым сосняком и обводнённым березняком с доминированием *Sph. fallax*. В осушенной части болота отмечен в берёзовом экотоне между мезотрофными сосняками и эвтрофными черноольшаниками, как на поверхности торфяника, так и (до повторного обводнения) на дне и откосах осушительной канавы, чаще среди вейников (*Calamagrostis* sp.), чем зелёных мхов (после повторного обводнения и смены вейников разнотравьем обилие *Sph. flexuosum* на поверхности торфяника резко сократилось, а в канаве он исчез). Умеренно устойчив к периодическому обсыханию.

Sphagnum papillosum – отмечен по краям высоких олиготрофных кочек (*Sph. angustifolium*, *Sph. divinum*, *Polytrichum strictum*) среди большого окна-мочажины в мезотрофном сосняке.

Sphagnum russowi – несколько микро-пятен (диаметром до 10-12 см) в полосе ельника зеленомошного, представляющего собой экотон между мезотрофным сосняком (частично временно сменившегося березняком на гари 1996 г.) и черноольшаником. Вероятно, остатки более благополучной популяции, пострадавшей в результате пожара и осушения на прилегающих территориях.

На прилегающей к Дубненскому лесоболотному массиву Талдомской морено-холмистой гряде, в зараставшем сплавиной («каркас» которой составляли пушица многоколосковая – *Eriophorum polystachion* и осока водная – *Carex aquatilis*) темокарстовом озере, на сильно обводнённой стадии сплавины сфагновый компонент был представлен *Sphagnum majus*, который исчез после формирования устойчивой сплавины при полном зарастании озера, сменившись на *Sph. fallax*, *Sph. balticum*, *Sph. angustifolium* и *Sph. divinum*.

В дополнение к ранее используемым характеристикам видов *Sphagnum* – эвтрофные, мезотрофные и оли-

готрофные, а также гидрофильные и мезофильные, приведённые выше описания особенностей их распространения в природной зоне, где соотношение осадков и испарения близко к единице, и засухи являются обычным явлением, на территории, где осушительная сеть создала маловероятные в естественной среде сочетания увлажнения, освещения и минерального питания, позволяют выявить адаптации видов к экстремальным условиям. Так, наиболее устойчивыми к иссушению в Дубненском лесо-болотном массиве следует признать *Sph. angustifolium*, *Sph. centrale* и *Sph. squarrosum* (указанные виды, видимо, могут сохраняться десятилетиями в вегетативном состоянии там, где присутствовали до осушения, но на сухом торфе на торфоразработках, где верхний слой торфа снят вместе с моховым покровом, их споровое возобновление, в отличие от зелёных мхов, не отмечено), а наименее устойчивыми среди видов, относимых к мезофильным – *Sph. fuscum* и *Sph. palustre* (омброфилы). *Sph. jensenii* сочетает широкие адаптации к переменности условий и минерального питания, и увлажнения (но при хорошей освещённости), характерной для экотонов (*Sph. jensenii*, как и *Sph. squarrosum*, можно отнести к контрастофилам по увлажнению), *Sph. subsecundum* – только к переменности минерального питания. Некоторая устойчивость к затенению придаёт *Sph. angustifolium*, *Sph. riparium* и *Sph. teres* дополнительные преимущества в конкуренции с близкими по потребностям во влажности и минеральном питании видами *Sphagnum*.

Взаимные конкурентные способности видов *Sphagnum* в разных условиях увлажнения, освещения и минерального питания, а также возможное влияние иных факторов на их взаимоотношения, по-разному проявляющиеся в разных географических условиях, заслуживают дальнейшего изучения.

Автор выражает благодарность А.И. Максимова (ИБ КарНЦ РАН) за помощь в определении ряда нетипичных образцов *Sphagnum*.

Список литературы

1. Андреев В.Н. Опыт многолетней культуры растений тундры в Москве // Бот. журн., XXXVI, 1951, № 6. С. 651-655.
2. Войтехов М.Я. Восстановление осушенных лесоболотных угодий (на примере Дубненского лесоболотного массива). Проблемы. Практика. Теория. Изд-е 2-е перераб. и доп. / ГУ Талдомская администрация особо охраняемых природных территорий. – М.: АПКИППРО, 2012. – 198 с.
3. Войтехов М.Я. Некоторые факторы устойчивости сфагновых сообществ борových террас рек лесостепи в Европейской части России // Болота и биосфера: материалы VIII Всероссийской с международным участием научной школы (10-15 сентября 2012 г.). – Томск: Изд-во Томского гос. пед. ун-та, 2012. – С. 20-25.
4. Игнагов М.С., Игнагова Е.А. Флора мхов средней части Европейской России. В 2 т. Том I. Sphagnaceae – Hedwigaceae. – М.: КМК, 2003. – 608 с.
5. Лавренко Е.М. Бореальная растительность лиманной группы болот и озёр в долине Среднего Донца // Проблемы биогеоэкологии, геоботаники и ботанической географии. – Л.: Наука, 1973. С. 125-155.
6. Свадковский Э.Г. Регулирование реки Дубны. Материалы изысканий, проектирования и строительства / Под ред. проф. А.Д. Брудасова, А.П. Садовникова; Моск. обл. зем. упр. «Мосмелиорстрой». – М.: 13 тип. Мособлполиграф, 1936. – 251 с.
7. Флеров А.Ф. О русских болотах // Известия научно-экспериментального торфяного института, № 2 июнь-август. – Научно-экспериментальный торфяной институт при Цуторфе, 1922. – С. 17-56.
8. Цыганов Д.Н. Фитоиндикация экологических режимов в подзоне хвойно-широколиственных лесов. – М.: Наука, 1983. – 197 с.
9. Юрковская Т.К. География и картография растительности болот Европейской России и сопредельных территорий. Труды Ботанического института им. В.Л. Комарова. Вып. 4. 1992. – 256 с.
10. Prieditis N. *Alnus glutinosa* – dominated wetland forests of the Baltic Region: community structure, syntaxonomy and conservation. // Plant Ecology, 1997. V. 129: P. 49-94.

ЗАПАСЫ УГЛЕРОДА В ФИТОМАССЕ БОЛОТ СЕВЕРА СРЕДНЕРУССКОЙ ВОЗВЫШЕННОСТИ

Е.М. Волкова¹, И.В. Бахмат¹, Д.В. Зацаринная¹,
О.А. Леонова¹, А.Р. Колоскова¹, А.В. Ольчев^{1, 2}

¹Тульский государственный университет, Тула, Россия, convallaria@mail.ru

²Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия, aoltche@gmail.com

Болота разных типов на севере Среднерусской возвышенности характеризуются отличиями в запасах фитомассы и углерода. Наиболее активно депонируют углерод олиготрофные и эвтрофные сообщества с развитым древесным ярусом. Однако такие ценозы занимают небольшие площади и потому их фактический вклад в интегральное накопление углерода относительно невелик. Максимальные показатели запасов углерода свойственны эвтрофным травяным сообществам пойменных болот, занимающих максимальные площади в регионе.

Болотные экосистемы являются уникальными в наземной биоте экосистемами постоянного стока атмосферного углерода, накапливаемого, прежде всего, в торфяных залежах. Запасы углерода зависят от мощности торфяных отложений, продолжительности развития болота и ботанического состава торфов, что определяется экологическими условиями палеоценозов. Среди экологических факторов, влияющих на торфонакопление, наиболее важную роль играет водно-минеральное питание болотных биотопов (обводненность и минерализация питающих вод), что обеспечивает произрастание соответствующих видов растений, интенсивность их трансформации и скорость вертикального прироста торфа. Однако, депонирование атмосферного углерода инициируется болотной растительностью и только после разложения отмерших растительных остатков связанный углерод переходит в торф. По этой причине, для оценки роли болот в аккумуляции углерода необходимы сведения о запасах углерода не только в торфяных отложениях, но и в фитомассе.

Исследования, направленные на изучение различных аспектов функционирования болот, включая их роль в углеродном обмене с атмосферой, активно проводятся в различных регионах, где значима доля этих экосистем в структуре ландшафтов [1, 5, 8, 9, 11, 14, 15]. При этом, роль болотных экосистем в слабозаболоченных регионах традиционно недооценивается, что не позволяет выявить природоохранную значимость болот в этих регионах.

Среднерусская возвышенность характеризуется низкой заболоченностью – 0,5% [3] в силу комплекса физико-географических условий. При этом, в северной, наиболее возвышенной («известняковый север») части показатель снижается до 0,1%. Тем не менее, разнообразие типов болот здесь весьма высокое [4], что свидетельствует о необходимости учета этих экосистем в углеродном обмене.

Для изучения «депонирующей» способности болот в северной части Среднерусской возвышенности (Тульская обл.) в качестве объектов исследования были выбраны модельные болота разных типов:

Класс типов – Водораздельные болота в карстово-суффузионных депрессиях.

Группа типов – Эвтрофные болота.

1. *Тип* Березово-сфагновые болота – болото Источек (д. Ясная Поляна, Щекинский р-н).

Группа типов – Олиготрофные болота.

2. *Тип* Очеретниково-сфагновые болота – болото Главное (п. Озерный, Ленинский р-н).

Класс типов – Террасные и склоновые водораздельные болота на зандровых и моренных отложениях в суффузионных понижениях.

Группа типов – Олиготрофные болота.

3. *Тип* Сосново-сфагновые болота – болото Клюква (д. Кураково, Белевский р-н).

Класс типов – Пойменные и балочные болота.

Подкласс – Пойменные болота.

Группа типов – Эвтрофные болота.

4. *Тип* Таволговые болота – болото Подкосьмово (д. Большая Березовка, Кимовский р-н).

Модельные болота сформированы в разных условиях водно-минерального питания и отличаются по составу и структуре торфяных залежей, а также по характеру и горизонтальной структуре растительности.

Болото Источек (площадь 0,6 га, возраст 6550±90 лет) сформировано в карстовых понижениях глубиной 5-7 метров [3]. Залесь целостная и образована низинными торфами. Запас углерода в торфяной залежи составляет 3556,4 кгС/м². В растительном покрове представлены березово-сфагновая и черноольховая части. Уровень болотных вод варьирует от -5 см до -40 см от поверхности. Минерализация болотных вод увеличивается от центра к окраинной части и составляет 150-210 мг/л, рН 3,6-5,2.

Болото Главное (площадь 0,8 га, возраст придонного слоя на окрайке болота – 2450±90 лет) образовано в серии обводненных карстовых депрессий, объединенных общей торфяной сплавной, которая имеет мощность 2-2,5 метра и образована переходными торфами. Запас углерода в сплавине составляет 634 кгС/м² [4, 10]. По окрайкам этого болота торфяная залежь целостная или разорванная, мощность 4,5-5 метров. Запас углерода в окраинной части болота составляет 1385 кгС/м². Растительный покров болота представлен разнообразными эвтрофными ценозами по окрайке (березово-вахтово-сфагновое, березово-телиптерисовое, березово-камышовое, ивово-белокрыльничковое, таволговое и др.) и олиготрофными – в центре сплавны (очеретниково-сфагновое, кустарничково-сфагновое). Комплексность растительности обусловлена отличиями в водно-минеральном питании разных частей болота: в направлении «центр – окрайка» минерализация болотных вод увеличивается от 30-42 до 120-130 мг/л, рН меняется от 3,8 до 5,5.

Болото Клюква (площадь 0,8 га, возраст 9370 ± 100 лет) образовано в понижении задровых равнин долины р. Ока. Торфяная залежь целостная мощностью 2,5 метра, образована переходными и верховыми торфами. Запас углерода составляет 2909 кгС/м^2 . В растительном покрове наибольшую площадь занимает грядово-мочажинный комплекс фитоценозов (на грядах – сосново-пушицево-сфагновые сообщества, в мочажинах – осоково-сфагновые). По крайкам болота сформированы березово-пушицево-сфагновый ценоз и осоково-сфагновая топь. Олиготрофный характер растительности обусловлен низкой минерализацией болотных вод (21-42 мг/л), $\text{pH}=2,8-2,9$.

Болото Подкосьюмово (площадь 2,3 га, возраст 5025 ± 100 лет) сформировано в понижении поймы р. Непрядва (приток р. Дон). Торфяная залежь целостная, низинная, мощностью 1,2 метра. Запас углерода в залежи составляет $670,2 \text{ тС/м}^2$. Высокая минерализация питающих вод (531-632 мг/л, $\text{pH}=6,8-7,1$) является причиной эвтрофной растительности, которая представлена, преимущественно, таволговым и заостренноосоковым ценозами.

На модельных объектах проведена оценка запасов фитомассы. Запасы фитомассы древостоя оценивали по таблицам А.З. Швиденко с учетом размерных параметров деревьев и их плотности [13]. Фитомассу напочвенного покрова (травяной и моховой ярусы) определяли укосным методом на площадках площадью 1 м^2 . Подземную фитомассу оценивали с применением метода монолитов Шалыга [12]. Фитомассу разделяли на биомассу и мортмассу для подземной и надземной фракций. Во всех частях фракций определяли зольность и содержание карбонатов, на основании чего рассчитывали содержание органического вещества, а затем – углерода [6, 7]. Зная содержание, определяли запас углерода на единицу площади сообщества, после чего вычисляли запас углерода в фитомассе всего исследуемого сообщества. Подобные сведения были собраны по каждому болотному сообществу. Суммирование полученных результатов позволило определить запас углерода в фитомассе каждого модельного болота.

При обсуждении полученных результатов рассматривали запас углерода на 1 м^2 сообщества как показатель потенциального депонирования углерода конкретным сообществом. С учетом площади, занятой данным ценозом, получали сведения о реальном запасе углерода в фитомассе исследуемого сообщества, что рассматривали как показатель фактического депонирования.

Результаты исследования показали, что наиболее высокие запасы фитомассы характерны для сообществ, характеризующихся развитым древесным ярусом (рисунок 1). Максимальные значения отмечены в олиготрофном березово-пушицево-сфагновом ценозе болота Клюква – $178,8 \text{ т/га}$ (при этом 60% составляет надземная фракция). В грядово-мочажинном комплексе того же болота фитомасса достигает $143,5 \text{ т/га}$: на грядах (сосново-пушицево-сфагновое сообщество) – $81,1 \text{ т/га}$ (58% подземная фракция), в мочажинах (осоково-сфагновое сообщество) – $62,4 \text{ т/га}$ (82,3%). В эвтрофных сообществах показатели ниже: березово-сфагновое (болото Источек) – $86,7 \text{ т/га}$, березово-вахтово-сфагновое и березово-травяные (болото Главное) – $73,3 \text{ т/га}$. Из древесных сообществ наиболее низкие

значения фитомассы характерны для эвтрофного черноольхового ценоза – $54,6 \text{ т/га}$. Следует отметить, что в структуре фитомассы болота Источек доминирует надземная фракция (до 75%), а на болоте Главное – подземная (68%).

Из травяных ценозов высокая фитомасса свойственна таволговому сообществу пойменного болота Подкосьюмово – $65,3 \text{ т/га}$, ниже – в заостренноосоковом сообществе – $49,1 \text{ т/га}$ (см. рисунок 1), при этом, в подземной фракции сосредоточено 60-67,4% суммарной фитомассы.

В осоково-сфагновых, очеретниково-сфагновых и кустарничково-сфагновых олиготрофных сообществах (болота Клюква и Главное) запасы фитомассы составляют $36,3-37,3 \text{ т/га}$. Подземная фракция остается доминирующей (63,5-87%) и представлена, в основном, отмершими частями сфагновых мхов.

Таким образом, наиболее высокие запасы фитомассы свойственны олиготрофным древесно-сфагновым ценозам болота Клюква (от $81,1$ до $178,8 \text{ т/га}$). В эвтрофных условиях сообщества с развитым древесным ярусом характеризуются не столь высокими показателями (от $54,4$ до $73,3 \text{ т/га}$). При этом, основная часть фитомассы сосредоточена именно в древостое. В эвтрофных травяных ценозах показатели снижаются не столь существенно по сравнению с древесными ценозами и остаются достаточно высокими – ($49,1-65,3 \text{ т/га}$), но в структуре фитомассы увеличивается доля подземной фракции. В олиготрофных травяно-сфагновых и кустарничково-сфагновых сообществах запасы фитомассы наиболее низкие, но могут достигать $62,4 \text{ т/га}$ (см. рисунок 1) в мочажине болота Клюква. Доля подземной фракции в этих сообществах достигает 82-87%.

В фитомассе происходит аккумуляция углерода, что отражает потенциальную депонирующую способность рассматриваемых сообществ. Расчеты запасов углерода на основании его содержания в каждой фракции показали, что активно аккумулируют углерод олиготрофные древесно-сфагновые сообщества болота Клюква: березово-пушицево-сфагновое – $71,3 \text{ тС/га}$, сосново-пушицево-сфагновое (гряда) – $32,5 \text{ тС/га}$. Эвтрофные березово-сфагновые и березово-травяные ценозы имеют близкие значения запасов углерода – $35,2 \text{ тС/га}$ (болото Источек) и $28,4 \text{ тС/га}$ (болото Главное). Наиболее низкие показатели отмечены в черноольховом сообществе – $21,8 \text{ тС/га}$.

В эвтрофных травяных ценозах пойменного болота Подкосьюмово показатель варьирует от $23,6 \text{ тС/га}$ (таволговое сообщество) до $18,5 \text{ тС/га}$ (заостренноосоковое сообщество). В травяно-сфагновых и кустарничково-сфагновых олиготрофных сообществах сплавин (болото Главное) и топей (болото Клюква) запасы углерода наиболее низкие: $14,6-14,8 \text{ тС/га}$, но увеличиваются в мочажине болота Клюква до $24,7 \text{ тС/га}$ (см. рисунок 1).

Как показывают результаты, наиболее высокая депонирующая способность свойственна древесно-сфагновым олиготрофным сообществам болота Клюква, при этом, запасы углерода в подземной фракции составляют 40-57,7%. В олиготрофных травяно-сфагновых сообществах запасы углерода существенно ниже, но доля подземной фракции, представленная отмершими сфагновыми мхами, достигает 82-88%. В эвтрофных древесных и древесно-сфагновых ценозах болота

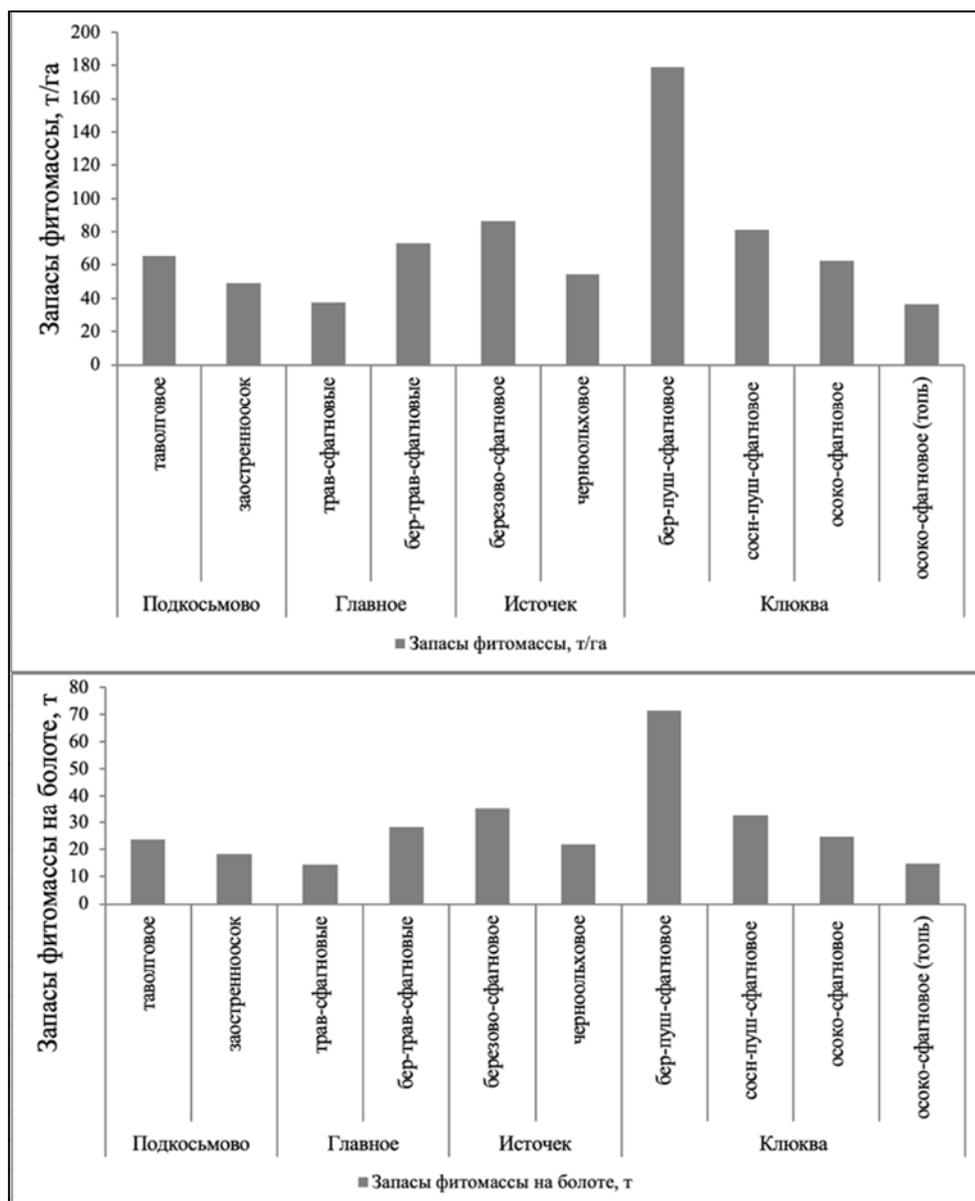


Рисунок 1 – Потенциальные и реальные запасы фитомассы в сообществах модельных болот

Источек основной запас углерода аккумулирован в надземной фракции (74,6-78,3%), что следует объяснять сезонным изменением уровня болотных вод и активным разложением отмерших частей растений. В обводненных условиях (окрайка болота Главное) основная часть углерода находится в подземной части (68,4%). В эвтрофных травяных ценозах доля подземной фракции весьма сходна – 60-67%.

Полученные результаты показывают потенциальную способность фитоценозов к депонированию углерода: максимальные показатели свойственны древесно-сфагновым олиготрофным и эвтрофным ценозам; травяно- и кустарничково-сфагновые олиготрофные и травяные эвтрофные сообщества аккумулируют меньше углерода и имеют близкие значения.

Рассматриваемые сообщества занимают разные площади на исследуемых болотах и потому их реальный вклад в аккумуляцию углерода отличается. Для оценки интенсивности депонирования углерода растительностью разных типов болот проведены расчеты запасов фитомассы и углерода с учетом площади болот и растительных сообществ.

Наиболее высокими показателями фактического запаса фитомассы характеризуются эвтрофные травяные сообщества пойменного болота Подкосьюмово (таволговый ценоз – 137,2 т), что обусловлено площадью, занимаемой данным сообществом (2 га). Запасы фитомассы в заостренноосоковом сообществе значительно ниже – 24,4 т. В целом, фитомасса болота Подкосьюмово составляет 161,5 т.

Водораздельные болота, формирующиеся в депрессиях карстово-суффозионного происхождения, занимают небольшие площади (0,6-0,8 га) и потому запасы фитомассы варьируют от 47 т (болото Источек) до 78,6 т (болото Клюква). Как видно, максимальные показатели характерны для олиготрофного болота Клюква и свойственны древесно-сфагновым сообществам: березово-пушицево-сфагновое – 32,2 т, сосново-пушицево-сфагновое (гряды) – 29,5 т. В осоково-сфагновых сообществах мочажины и топи показатели снижаются до 15,1 и 1,8 т соответственно.

На болоте Главное, которое характеризуется олиготрофной растительностью в центре сплавины и эвтрофной – по окрайкам, запасы фитомассы составляют

52,3 т сухого вещества. При этом, основная часть (86%) сосредоточена в окраинных ценозах с развитым древесным ярусом – 45,2 т, а участие очеретниково-сфагновых и кустарничково-сфагновых сообществ сплавины добавляет к общему показателю всего 7,1 т.

Самое маленькое по площади болото Источек характеризуется наименьшими запасами фитомассы – 47 т. В структуре фитомассы основная доля принадлежит эвтрофному березово-сфагновому сообществу – 39,5 т (84%). В черноольховом ценозе показатель составляет 7,5 т, что обусловлено минимальной площадью ценоза (0,14 га) и разреженностью древостоя.

При анализе запасов углерода на модельных болотах сохраняется выявленная тенденция. Максимальные значения запасов углерода характерны для пойменного болота Подкосьмово – 58,8 тС с доминирующим вкладом таволгового сообщества – 49,6 тС (84%). Среди водораздельных болот запасы углерода на олиготрофном болоте Клюква наиболее высокие – 31,4 тС, при этом, древесно-сфагновые сообщества аккумулируют 76,4% углерода в фитомассе (рисунок 2).

На болоте Главное запас углерода составил 20,3 тС с максимальным вкладом окраинных эвтрофных березово-вахтово-сфагновых и березово-травяных ценозов – 17,5 тС (86,2%). Запас углерода в олиготрофных очеретниково-сфагновых и кустарничково-сфагновых сообществах сплавины незначителен – 2,8 тС. На эвтрофном болоте Источек суммарный запас углерода в фитомассе составляет 18,9 тС, почти 85% запасов приходится на березово-сфагновый ценоз (16 тС) (см. рисунок 2).

Таким образом, важную роль аккумуляции углерода в фитомассе растительности выполняют пойменные болота, занимающие наибольшие площади среди болот Среднерусской возвышенности (более 80%). К сожалению, на протяжении последних десятилетий такие болота подверглись интенсивной трансформации и потому доля ненарушенных болот крайне низка. Оценка депонирующей способности трансформированных болот заслуживает отдельного исследования. Вклад водораздельных болот, характеризующихся небольшими площадями, в накопление углерода существенно ниже. Тем не менее, формирование обширных

комплексов карстово-суффозионных болот позволяет суммарно увеличить площадь депонирующей поверхности. Среди разнообразных типов болот эту функцию активно выполняют редкие для региона олиготрофные болота, относящиеся к классу типов Террасные и склоновые водораздельные болота на зандровых и моренных отложениях в суффозионных понижениях. Водораздельные болота в карстово-суффозионных депрессиях характеризуются более низкими запасами углерода в фитомассе, однако встречаются чаще, иногда – группами, что увеличивает способность таких болот к депонированию углерода.

Следует отметить, что углерод в фитомассе, после отмирания растений «переходит» в торф. Интенсивность разложения отмерших растительных остатков зависит от гидролого-гидрохимического режима болот или их отдельных участков. Например, при высокой амплитуде сезонной изменчивости уровня болотных вод трансформация растительных остатков на пойменных болотах происходит весьма быстро. Образующийся торф характеризуется высокой степенью разложения и низкой скоростью прироста. Это означает, что накопление существенных запасов углерода в фитомассе пойменных болот не приводит к их 100%-ному поступлению в торф. И напротив – низкие показатели запасов углерода в олиготрофных травяно-сфагновых и кустарничково-сфагновых сообществах водораздельных болот могут обеспечить существенное пополнение запасов углерода в торфах, поскольку при слабой аэрации интенсивность трансформации отмерших растений крайне мала, что обеспечит низкую степень разложения торфов и увеличит скорость их вертикального прироста.

Таким образом, оценка запасов углерода в фитомассе является первым этапом в изучении углеродного обмена разных типов болот. На следующих этапах необходимо определить долю углерода, поступающего из растительности в торф в разных экологических условиях болот, а также запас углерода в торфяных залежах. Это позволит выявить экосистемы, обладающие наиболее высокой депонирующей способностью. Для них должны быть разработаны программы, направленные на сохранение особенностей их функционирования.

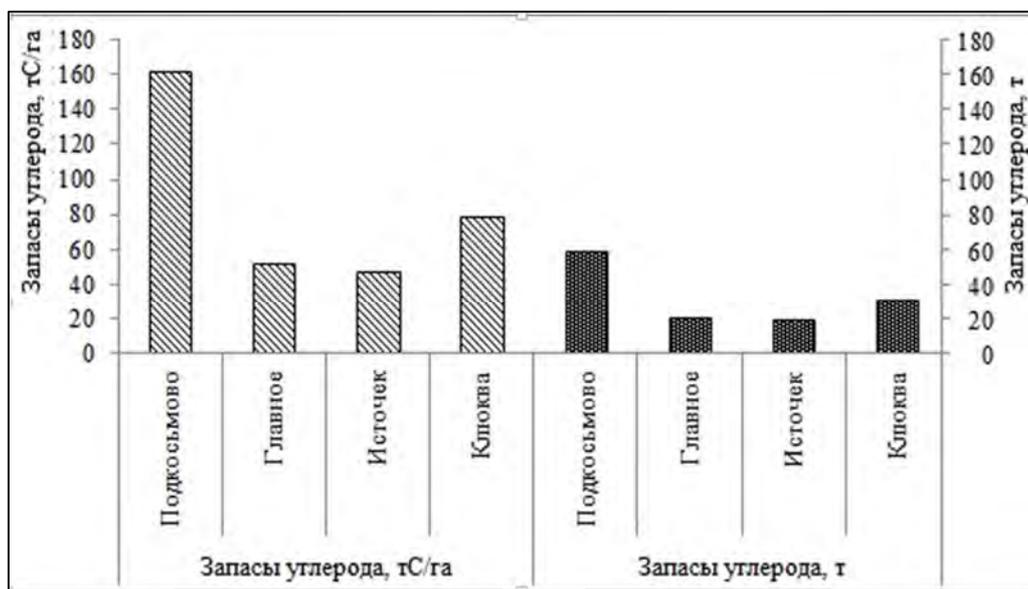


Рисунок 2 – Запасы углерода в фитомассе модельных болот

Исследования выполнены при поддержке гранта РФФ № 23-24-10054 «Оценка роли разных типов болот Среднерусской возвышенности в углеродном обмене с атмосферой как основа для создания карбонового полигона (на примере Тульской области)» и соглашения с комитетом Тульской области по науке и инноватике № 10 от 11.04. 2023 г.

Список литературы

1. Балезина К.С. Анализ потоков парниковых газов в болотных экосистемах Западной Сибири // Интернаука. 2020. № 21-1(150). С. 54-55. EDN CAGELS.
2. Волкова Е.М., Зацаринная Д.В. Типология и распространение болот на Среднерусской возвышенности // Разнообразие растительного мира. 2023. № 3(18). С. 30-43. doi: 10.22281/2686-9713-2023-3-30-43
3. Волкова Е.М. Болота Среднерусской возвышенности: генезис, структурно-функциональные особенности и природоохранное значение: Автореф. дис... докт. биол. наук. СПб., 2018. 46 с.
4. Волкова Е.М., Леонова О.А., Зацаринная Д.В. Развитие сплавинных карстовых болот на северо-востоке Среднерусской возвышенности и аккумуляция углерода в торфяных залежах // Ботанический журнал. 2023. Т. 108, № 7. С. 656-669. DOI 10.31857/S0006813623070074. EDN EPPUVW.
5. Головацкая Е.А. Моделирование углеродного баланса болотных экосистем южной тайги при различных сценариях изменения климата. Томск, 2007. 26 с.
6. ГОСТ 23740-2016. Грунты. Методы определения содержания органических веществ .
7. ГОСТ 34467-2018. Грунты. Методы лабораторного определения содержания карбонатов. Soils. Laboratory methods for determination of calcium carbonate content.
8. Залесов С.В. Роль болот в депонировании углерода // Международный научно-исследовательский журнал. 2021. № 7. С. 6–9. DOI: 10.23670/IRJ. 2021.109.7.033.
9. Кузнецов О.Л. Структура и динамика растительного покрова болотных экосистем Карелии. Дисс. на соис. уч.степ. доктора биол.наук. Петрозаводск, 2006. 322 с.
10. Леонова О.А., Волкова Е.М. Запасы углерода в торфяных залежах водораздельных болот на северо-востоке Среднерусской возвышенности // Труды Карельского научного центра РАН. 2023. № 8. С. 20-27 / Transactions of the Karelian Research Centre RAS. 2023. № 8. P. 20-27 DOI: 10.17076/eco1845
11. Рожков Л.Н., Шатравко А.В. Углеродный бюджет болотных лесов Беларуси // Экология, лесоводство и лесохозяйственное хозяйство. Труды БГТУ. 2012. №1. С. 111-114.
12. Шальт М.С. Методика изучения подземной части растений // Полевая геоботаника. М-Л. Т. 2, 1960. С. 369-447.
13. Швиденко А.З., Щепаченко Д.Г., Нильссон С., Болуй Ю.И. Таблицы и модели хода роста и продуктивности насаждений основных лесобразующих пород Северной Евразии (нормативно-справочные материалы). М.: Междунар. ин-т прикладного системного анализа, 2008. 885 с.
14. Ratcliffe J., Payne R.J. Palaeoecological studies as a source of peat depth data: A discussion and data compilation for Scotland // Mires and Peat. 2016. V. 18. P. 1-7.
15. Zhang H., Gallego-Sala A.V., Amesbury M.J. et al. Inconsistent Response of Arctic Permafrost Peatland Carbon Accumulation to Warm Climate Phases. Global Bio- geochemical Cycles. 32: 2018. 1605-1620.

ГОРНЫЕ БОЛОТА ЮГА СИБИРИ В УСЛОВИЯХ СОВРЕМЕННЫХ ИЗМЕНЕНИЙ КЛИМАТА И ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ

И.И. Волкова

Национальный исследовательский Томский государственный университет, Томск, Россия, volkovhome@yandex.ru

Изменения климата, типа и степени использования природных ресурсов, загрязнение оказывают воздействие на биоразнообразие экосистем горных регионов, многие из которых изолированы друг от друга и труднодоступны. Горные районы в целом все еще изучены слабо, и для таких малораспространенных в горах экосистем, как болота, динамика биоразнообразия и реакция видов на изменения окружающей среды нам практически не известна. Поскольку горные болота относительно труднодоступны, драйверы изменений их экосистем и последствия изменений для биоразнообразия до сих пор не изучались. Наше исследование направлено на изучение динамики Алтае-Саянских горных болот, где обитают редкие и находящиеся под угрозой исчезновения виды и сообщества, и все еще обнаруживаются новые для региональной флоры виды. Мы описываем драйверы изменений горных болот и ожидаемую реакцию экосистем на воздействие стрессовых факторов окружающей среды, чтобы привлечь внимание к необходимости мониторинга изменений и сохранения этих уникальных первозданных экосистем.

Изменение климата оказывает воздействие на окружающую среду и растительность в Сибири в целом и в Алтае-Саянском регионе, в частности. Горные районы особенно чувствительны к изменению климата [14] за счет высокой гетерогенности абиотических условий в небольших пространственных масштабах. Это приводит к особенно высокому уровню разнообразия и энде-

мизма в горных экосистемах [19]. Относительное сжатие высотных поясов в горах по сравнению с широтными зонами [28] делает их более чувствительными к изменениям климата, чем равнинные экосистемы. Прогнозируется, что климат в южной части гор Алтае-Саян станет намного суше, чем сегодня, что приведет к резкому сокращению площади горных биомов, включая

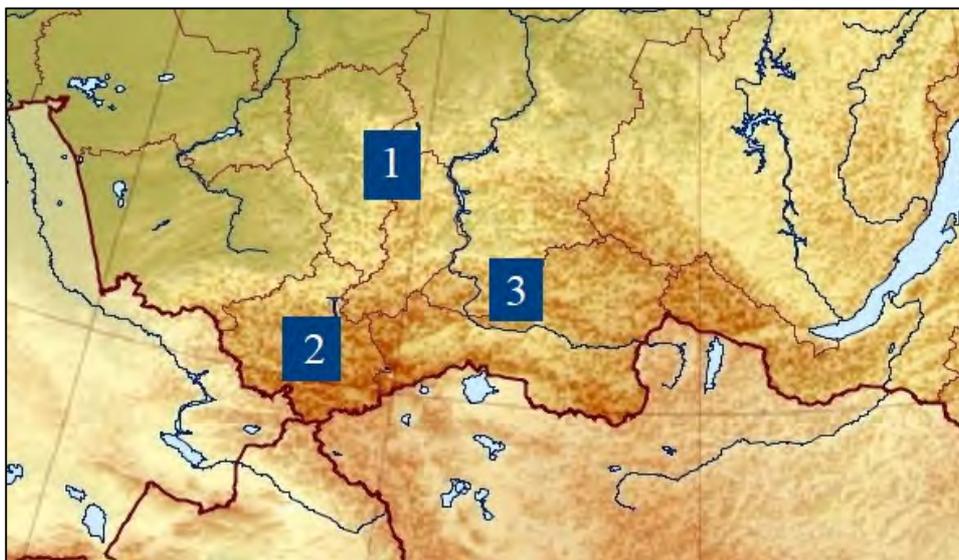
альпийские, субальпийские и тундровые растительные сообщества [6].

Однако в настоящее время мы сравнительно мало знаем о динамике процессов, происходящих в высокогорьях Центральной Евразии. Большинство исследований изменений биоразнообразия в горных регионах сосредоточены на сосудистых растениях и обычно не учитывают мохообразные, а также сообщества горных болот. Особенно это касается изолированных, отдаленных и труднодоступных горных регионов.

Хотя болота считаются экосистемами с высокой степенью самоорганизации и автономии [5, 16], ожидается, что мелкозалежные и небольшие по площади горные болота будут иметь меньшую устойчивость к изменениям окружающей среды, чем огромные болота низменных равнин, такие как Большое Васюганское болото [17]. В горах болотные местообитания являются дополнительным и специфическим убежищем для редких и находящихся под угрозой исчезновения влаголюбивых видов [25] и тем самым сохраняют важный компонент горного биоразнообразия. Особого внимания

заслуживают сфагновые мхи, обладающие экогидрическими характеристиками и поэтому очень чувствительные к водному режиму в своей среде обитания, что делает их более удобными индикаторами гидрологического состояния болот по сравнению с высшими растениями [1, 3, 20]. Изучение редких, уникальных и часто недоступных горных болот Сибири необходимо с точки зрения понимания динамики экосистем, их биоразнообразия, уязвимости к изменениям и потенциальной потери ее особой флоры.

Три региона, выбранные для полевых исследований, расположены в горах Кузнецкого Алатау, Горного Алтая и Западного Саяна в пределах Алтае-Саянской горной области (рисунок 1). Расстояние между этими ключевыми участками составляет от 400 до 500 км. Климат районов исследований варьируется от сверхвлажного на центральном водоразделе и на западном макросклоне Кузнецкого Алатау (где осадки выпадают преимущественно в виде снега и достигают 3000 мм в год с экстремальными значениями до 10 000 мм в год) до аридного на Юго-Восточном Алтае (всего 120 мм в год).



**Рисунок 1 – Ключевые участки исследования:
1 – Кузнецкий Алатау, 2 – Горный Алтай, 3 – Западный Саян**

Участки исследования частично приурочены к охраняемым территориям: заповедник «Кузнецкий Алатау» (53°45'00" с.ш., Е89°15'00" в.д.), Катунский природный биосферный заповедник (49°38'00" с.ш., 86°06' 00" в.д.), природный парк Ергаки (52°50'00" с.ш., 93°21'00" в.д.). Три болотных массива расположены вблизи исследовательской станции Актру (<https://eu-interact.org/field-sites/aktru-research-station/>) и включены в программу экологического мониторинга станции.

Наши исследования базируются на комплексном ландшафтно-экологическом подходе, включающем комплексное изучение таких особенностей болот, как положение в ландшафте, гидрологический режим, флора, растительность, стратиграфия торфа и пространственная неоднородность на различных уровнях (что является особенностью большинства болотных массивов).

Выявленные нами болотные массивы расположены в высокогорьях и верхней части лесного пояса на высотах от 1 000 до 3 000 м над ур. м. во всем многообразии ландшафтных единиц и в совершенно разных условиях

климата, рельефа и антропогенного воздействия. Всего с 1996 г. нами исследовано 210 горно-болотных массивов площадью от 4 м² до 100 км². Некоторые болотные массивы посещались дважды и более раз, а растительность описывалась на одних и тех же участках с интервалом в 15 лет, что позволяло отслеживать общую динамику экосистем. Однако большинство болот были посещены только один раз из-за труднодоступности.

Для каждого типа болотных местообитаний выполнены геоботанические описания болотных участков (более 1800 описаний) (отдельные болотные массивы содержат от одного до десяти типов местообитаний). В случае комплексной болотной растительности описания выполнялись отдельно для различных элементов комплекса. В пределах каждого типа местообитаний каждого болотного массива случайным образом выбирали от четырех до десяти участков описания. Географические координаты фиксировали в GPS. Описания и их обработка проводились по методологии школы Браун-Бланке [11]. В результате была прове-

дена предварительная ординация растительных сообществ и классификация болотной растительности. Исходный геоботанический материал частично (245 описаний) внесен в компьютерную базу данных описаний растительности Сибири «База данных растительности Сибири (DSV)», зарегистрированную в международной базе метаданных «Глобальный индекс баз данных растительных участков» под номером ASRU-002 и включены в интегрированную ботаническую информационную систему IBIS v.7.2 [4].

Драйверы изменений горных болот

В ходе исследований нами выявлены следующие основные факторы возможных изменений горных экосистем Южной Сибири, непосредственно влияющих на болота:

Повышение температуры воздуха и аридизация климата

Наиболее резкие изменения климата зафиксированы в Горном Алтае, самом засушливом участке из трех исследованных, особенно на юго-востоке, на границе с аридными районами Монголии. Среднегодовая температура воздуха на четырех государственных метеостанциях Горного Алтая за период с 1932 по 2012 гг. увеличилась примерно на 2°C [10], хотя в последнее десятилетие наблюдалось небольшое похолодание, а также отсутствие существенных изменений в режиме осадков. Это свидетельствует о явной тенденции усиления аридизации территории, поскольку наблюдаемое повышение температуры воздуха не сопровождается соответствующим увеличением количества осадков [9]. С началом инструментальных наблюдений в 1927 г. температура повышается и на хребте Ергаки в Западном Саяне. Самый влажный регион – горы Кузнецкого Алатау – также демонстрирует тенденцию роста годовой температуры воздуха с 1940 г. Уровень CO₂ также увеличился, тогда как тренд осадков изменился незначительно.

Таким образом, сегодня болота в горах Южной Сибири существуют в условиях прогрессирующей аридизации климата [6]. Самые древние торфяные болота возникли здесь примерно 4500–5000 лет назад, в климатический оптимум голоцена, когда условия окружающей среды были достаточно теплыми и влажными для начала торфонакопления [7, 25]. Современные условия не благоприятствуют торфонакоплению, особенно в самой южной части Алтае-Саянских гор – засушливом Юго-Восточном Алтае. Обсыхание и сокращение площадей болотных массивов, по нашим наблюдениям при повторном посещении некоторых болотных массивов за 15 лет, наиболее ярко выражено в засушливой юго-восточной части Алтая; мы связываем это с современными климатическими изменениями.

Деградация многолетней мерзлоты и увеличение деятельного слоя

Потепление и деградация многолетней мерзлоты вызваны повышением температуры воздуха и зависят от изменений в снежном покрове, растительности и влажности почвы. Температура многолетнемерзлых грунтов в высокогорных районах Альп, гор Скандинавии, Канады, Монголии, на Тянь-Шане и на Тибетском нагорье за последние десятилетия стала выше, а некоторые наблюдения показывают потерю подземного льда и деградацию вечной мерзлоты [15]. В результате в течение последних нескольких десятилетий увеличи-

лась мощность деятельного слоя в почвах степей и лугов в Альпах [12], на Тибетском нагорье [27] и на Тянь-Шане [21]. В Алтае-Саянских горах этот важный фактор климат-зависимой динамики болотных экосистем еще не изучен, хотя мы ожидаем, что мощность деятельного слоя также увеличивается, и это будет способствовать росту нестабильности болотных экосистем и местообитаний.

Загрязнение

Ожидается, что воздействие загрязнения на горные болота (по сравнению с другими горными экосистемами) будет значительно усиливаться за счет загрязняющих веществ, которые накапливаются в торфяной залежи в результате фильтрации воды, проходящей через болота как в вертикальном, так и в боковом направлении [2]. Хотя последствия такого воздействия на биоту Алтае-Саянских горных болот пока неизвестны, существует несколько крупных источников загрязнения. Остаточное локальное загрязнение верхнего слоя почвы долгоживущими радионуклидами является результатом ядерных испытаний на Семипалатинском полигоне (минимальное расстояние до ключевого участка около 250 км в восточном направлении). Загрязнение отходами горнодобывающей промышленности происходит из соседних регионов (цветная металлургия Восточного Казахстана и угледобывающая промышленность Кузнецкого угольного бассейна) за счет трансграничного воздушного переноса тяжелых металлов и других загрязняющих веществ в виде пыли и аэрозолей. Кроме того, в Республике Алтай имеются локальные механические и химические загрязнения осколками ракетных комплексов и ракетным топливом.

Изменения в землепользовании

Недавний массовый перевыпас лошадей, крупного рогатого скота и овец в засушливых межгорных котловинах Горного Алтая в сочетании с деградацией многолетней грунтовой мерзлоты привел к деградациии и гибели болотных экосистем. На болотах выпасается скот, что приводит к распространению в болотных экосистемах сорных и чужеродных (степных) видов растений (*Cirsium esculentum* (Siev.) С.А. Mey., видов из родов *Cobresia*, *Gentiana*, *Euphrasia*, *Rhinanthus* и многих сложноцветных). Также выпас наносит ущерб обширным болотам, расположенным в устье реки Кан в районе поселка Усть-Кан (Западный Алтай) и болота Ару (Юго-Восточный Алтай), из-за загрязнения отходами животноводства, что приводит к эвтрофикации болотных местообитаний и прерывает или даже обращает вспять нормальную аутогенную сукцессию болотного массива. На болотах, непосредственно прилегающих к хозяйству, ранние изменения растительных сообществ распространены более, чем на отдаленных болотах.

Дополнительная нагрузка на болота возникает в результате использования природных ресурсов, таких как рубка лесов, сбор ягод, а также охота и браконьерство на охраняемых природных территориях, неконтролируемая рекреация, интенсификация туризма. Неорганизованные туристы и отдыхающее местное население устраивают стоянки, оставляют мусор, повреждают и вырубают древесной и кустарники, которые здесь, в сухих степных и полупустынных районах, можно найти лишь на заболоченных территориях. Поскольку антропогенное загрязнение, мелиорация и вы-

пас скота все больше угрожают небольшим изолированным водно-болотным угодьям, и учитывая, что эти экосистемы обычно игнорируются национальными стратегиями мониторинга [22], крайне важно применять строгую природоохранную политику для их защиты и восстановления [23].

Реакции на изменения и динамика экосистем горных болот

Последствиями этих процессов для болот является минерализация торфа, изменение структуры растительности и изменение видового состава и жизненных форм. Баланс выбросов CO₂ и других парниковых газов, связанный с увеличением толщины деятельного слоя горных болот, ожидается, но еще не измерен и требует дальнейшего изучения. Еще одним следствием происходящих изменений является утрата среды обитания весьма особых базофильных мхов известковых болот, таких как, например, *Drepanocladus sendtneri* (Schimp. ex H.Müll.) Warnst. Известковые болота – редкий и уязвимый тип болотной среды обитания, встречающийся только в засушливых и полусухих районах Горного Алтая как на территории России, так и Монголии.

Потепление и аридизация климата поставят на грань исчезновения редкие и нуждающиеся в охране березовые криволесья, упомянутые в Зеленой книге Сибири [8]. Эти сообщества березы искривленной *Betula tortuosa* Ledeb. встречаются на болотах только в наиболее влажных и снежных горных районах Алтае-Саян (а именно на западном макросклоне хребта Кузнецкого Алатау), где проходит восточная граница их природного ареала. Хотя такие сообщества широко распространены в субконтинентальных горных регио-

нах Скандинавии на заторфованных и каменистых склонах влажных высокогорий [26], для Южной Сибири они уникальны и, вероятно, будут вытеснены из растительного покрова в результате смещения вверх верхней границы темнохвойной горной тайги при потеплении климата [13]. Поскольку многие другие горно-болотные растения и их сообщества встречаются в Алтае-Саянах на границах своих ареалов, они находятся под угрозой исчезновения в этом регионе.

Одним из наиболее уязвимых при изменении климата типов болот в горах Центральной Евразии являются мерзлотные болота (т.е. болота с многолетнемерзлыми грунтами, «пальза») (рисунок 2). Из-за деградации горной многолетней мерзлоты они представляют собой исчезающие местообитания. Среди исследованных нами объектов мерзлотные болота встречаются в Горном Алтае [24] и, намного реже, в Западном Саяне [18]. Они занимают обширные межгорные впадины, долины рек, плоские вершины и седловины гор, где водоупорным горизонтом служат многолетнемерзлые грунты. Наибольшие площади мерзлотных болот встречаются в долине р. Тюгуюрк (Центральный Алтай), в Чуйской котловине (точнее, в Кокоринской степи и болоте Ару), а также в некоторых долинах Северо-Чуйского хребта (Юго-Восточный Алтай) и у горы Саганы на северном отроге хребта Илого (Северный Алтай).

Наши более ранние наблюдения о различных направлениях развития водно-болотных угодий Западной Сибири: от быстро прогрессирующего заболачивания на равнинах таежной зоны и таяния мерзлых лесотундровых почв до быстрой деградации водно-болотных угодий в засушливом Юго-Восточном Алтае в



Рисунок 2 – Мерзлотное болото в Западном Саяне (урочище Адыр-Хем, Алашское нагорье). Комплексная растительность: 1 – зеленомошная топь с доминированием *Paludella squarrosa* (Hedw.) Brid., 2 – зеленомошная топь с сабельником болотным, 3 – кочкарник с доминированием щучки дернистой, 4 – ерники

целом соответствуют закону Воейкова: с началом потепления на севере климат становится более засушливым в более южных районах. Особенно ярко эта закономерность проявляется в горах, где болотные массивы зачастую имеют сравнительно небольшую площадь, сильно зависят от окружающей климатической обстановки и чувствительны к антропогенному воздействию [25], в отличие от обширных торфяников Западно-Сибирской равнины, имеют гораздо большую «буферную емкость» и автономность в плане воздействия колебаний климата и других внешних воздействий. Изменения среды горных районов юга Западной Сибири отражаются в динамике различных компонентов и характеристик уникальных, но малоизученных болотных и торфяных экосистем. Особенно это касается болотных массивов с вечной мерзлотой в торфяных залежах, поскольку в этом случае изменения экосистем связаны не только непосредственно с климатом, но и с климат-зависимой динамикой процессов, связанных с деградацией вечной мерзлоты.

В ходе современного изменения климата мы наблюдаем динамику многих характеристик и параметров горных болот, например, площадь болотных массивов, их обводненность, особенности гидрографической сети, степень развития мерзлоты, скорость накопления торфа и его состав и т.д. Изменяется и растительность: одни сообщества и виды сменяются другими, а из окружающих ландшафтов внедряются чужеродные болотным экосистемам виды (в том числе сорные).

Экосистемы горных болот, их флора и растительность испытывают на себе воздействие чрезмерного

выпаса скота, загрязнения отходами промышленности и сельского хозяйства, мелиорации, добычи торфа и других видов экономической деятельности. Мы ожидаем, что эти воздействия приведут к дальнейшему изменению биоразнообразия, вызванному исчезновением видов растений и животных, характерных для болот, среди которых встречаются эндемичные, редкие или находящиеся под угрозой исчезновения, а также экспансией чужеродных видов. Также следует ожидать изменения сезонного колебания уровня воды в реках и исчезновения некоторых малых рек и ручьев, что может привести к утрате уникальных горно-болотных ландшафтов Южной Сибири. Такая потеря, главным образом, затронет Горный Алтай, место широкого распространения горной зоны вечной мерзлоты в Сибири, являющийся центром биоразнообразия планетарного масштаба.

Несмотря на обширные полевые исследования, которые мы проводим уже 25 лет, нам до сих пор мало известно о динамике изменений экосистем гор Южной Сибири. На этой удаленной территории очень сложно организовать мониторинговые исследования из-за ее обширности и труднодоступности. Кроме того, хотя методы дистанционного зондирования могут предоставить информацию об изменении площади и продуктивности болот, а для регистрации изменений биоразнообразия необходимы подробные измерения на месте. Наше исследование подчеркивает важность и уязвимость к изменениям уникальных горных болот отдаленного и труднодоступного горного региона Алтае-Саян и послужит основой для дальнейших работ.

Исследование выполнено при поддержке Программы стратегического академического лидерства «Приоритет-2030» Томского государственного университета, в рамках Сибирской Сети по изучению изменений окружающей среды Сибири SecNET и с использованием возможностей уникальной научной установки «Система экспериментальных баз, расположенных вдоль широтного градиента» (<http://ckp-rf.ru/usu/586718/>).

Список литературы

1. Боч М.С. О применении индикационных свойств растительности болот при установлении типа питания / Основные принципы изучения болотных биогеоценозов. Л.: Наука, 1972. С. 39-54.
2. Волкова И.И., Байков К.С., Сысо А.И. Болота Кузнецкого Алатау как естественные фильтры природных вод // Сибирский экологический журнал, №3, 2010. С. 379-388.
3. Елина Г.А., Кузнецов О.Л., Максимов А.И. Структурно-функциональная организация и динамика болотных экосистем Карелии. Отв. ред. Н.И. Пьявченко. Л.: Наука : Ленингр. отд-ние, 1984. 128 с.
4. Зверев А.А. Информационные технологии в исследованиях растительного покрова. Томск: ТМЛ-Пресс, 2007. 304 с.
5. Иванов К. Е. Водообмен в болотных ландшафтах. Л.: Гидрометиздат, 1975. 280 с.
6. Изменение климата и его воздействие на экосистемы, население и хозяйство российской части Алтае-Саянского экорегиона: оценочный доклад / под. ред. А.О. Кокорина / Всемирный фонд дикой природы (WWF России). М., 2011. 168 с.
7. Мульдьяров Е.Я., Лапшина Е.Д. К изучению болот Кузнецкого Алатау // Сибирский экологический журнал, № 5, 2000. С. 645-652.
8. Седельников В.П. Березовое (*Betula tortuosa*) криволесье / Зеленая книга Сибири: Редкие и нуждающиеся в охране растительные сообщества. Новосибирск. 1996. С. 337-339.
9. Сухова М.Г., Журавлева О.В. Изменения температуры воздуха и осадков в межгорных котловинах Юго-Восточного и Центрального Алтая // Известия Российской академии наук. Серия географическая, № 6, 2018. С. 93-101. <https://doi.org/10.1134/S258755661806016X>.
10. Bezuglova N.N., Zinchenko G.S., Malygina N.S. et al. Response of high-mountain Altai thermal regime to climate global warming of recent decades // Theoretical and Applied Climatology, № 110, 2012. P. 595-605. <https://doi.org/10.1007/s00704-012-0710-2>
11. Braun-Blanquet J. Plant sociology. Wien. 1964. 865 p. (in German).
12. Christiansen H.H., Eitzelmüller B., Isaksen K. et al. The thermal state of permafrost in the nordic area during the international polar year 2007–2009 // Permafrost and Periglacial Processes, № 21(2). P. 156-181. <https://doi.org/10.1002/ppp.687>
13. Chlachula J. Biodiversity protection of Southern Altai in the context of contemporary environmental transformations and sustainable development. Final report on field study. Irbis, Staré Město, 2005. 95 p.
14. Climate change 2014: synthesis report / Contribution of working groups I, II and III to the Fifth assessment report of the intergovernmental panel on climate change. Ed. R. Pachauri and L. Meyer. Geneva: IPCC, 2014 (ISBN: 978-92- 9169-143-2).
15. Hock R., Rasul G., Adler C. et al. High Mountain Areas / IPCC Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate, ed. H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, V. Masson-Delmotte et al., 2019. 755 p.

16. Joosten H. Thinking like a bog: hydrological self-regulation of raised bogs and its importance for rewetting and restoration // *Telma*, № 23, 1993. P. 95-115.
17. Kirpotin S.N., Antoshkina O.A., Berezin A.E. et al. Great Vasyugan Mire: how the world's largest peatland helps addressing the world's largest problems // *Ambio*, № 50(11), 2021. P. 2038-2049. doi: 10.1007/s13280-021-01520-2.
18. Kirpotin S.N., Kvasnikova Z.N., Potapova S.A. et al. Pilot studies of the unique highland palsa mire in Western Sayan (Tuva Republic, Russian Federation) // *Atmosphere*, № 13(1):32, 2022. <https://doi.org/10.3390/atmos13010032>.
19. Körner C. Mountain biodiversity, its causes and function / *Ambio*, №13, 2004. P. 11-17.
20. Lett S., Jónsdóttir I.S., Becker-Scarpitta A. et al. Can bryophyte groups increase functional resolution in tundra ecosystems? // *Arctic Science*, №8, 2021. P. 609-637.
21. Liu G., Zhao L., Li R. et al. Permafrost warming in the context of step-wise climate change in the Tien Shan Mountains, China // *Permafrost and Periglacial Processes*, № 28(1), 2017. P. 130-139. <https://doi.org/10.1002/ppp.1885>
22. Moges A., Beyene A., Ambelu A. et al. Plant species composition and diversity in wetlands under forest, agriculture and urban land uses // *Aquatic Botany*, № 138, 2016. P. 9-15.
23. Naqinezhad A., Ramezani E., Khalili A.H., Joosten H. Habitat and floristic peculiarities of an isolated mountain mire in the Hyrcanian region of northern Iran: A harbour for rare and endangered plant species // *Mires and Peat*, № 24, Article 21, 2019. P. 1-22. <https://doi.org/10.19189/Map.2017.OMB.321>.
24. Volkova I.I., Callaghan T.V., Volkov I.V. et al. South-Siberian mountain mires: Perspectives on a potentially vulnerable remote source of biodiversity // *Ambio*, № 50, 2021. P. 1975-1990. <https://doi.org/10.1007/s13280-021-01596-w>
25. Volkova I.I., Volkov I.V., Kuznetsova A.O. Mountain mires of South Siberia: biological diversity and environmental functions // *International Journal of Environmental Studies*, № 66 (4), 2009. P. 465-472.
26. Plant ecology, herbivory, and human impact in Nordic mountain birch forests. Ed. F.E. Wielgolaski. Berlin: Springer, 2005. 96 p.
27. Wu Q., Hou Y., Yun H., Liu Y. Changes in active-layer thickness and near-surface permafrost between 2002 and 2012 in alpine ecosystems, Qinghai-Xizang (Tibet) Plateau, China // *Global and Planetary Change*, № 124, 2015. P. 149-155. <https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2014.09.002>.
28. Zhenlin Y., Sykes M.T., Hanna E., Callaghan T.V. Linking fine-scale sub-arctic vegetation distribution in complex topography with surface-air-temperature modelled at 50-m resolution // *Ambio*, № 41, 2012. P. 292-302. <https://doi.org/10.1007/s13280-012-0307-0>.

«ОСТРОВНЫЕ» БОЛОТНЫЕ БИОТОПЫ КАК ОБЪЕКТ ИЗУЧЕНИЯ

О.В. Галанина^{1,2}, А.Е. Тюпаева¹

¹Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия, ogalanina@spbu.ru

²Ботанический институт имени В.Л. Комарова РАН, Санкт-Петербург, Россия

В статье приведены данные о растительности минеральных островов, расположенных в северной части болотной системы Старосельский мох (Центрально-Лесной заповедник, Тверская обл., Россия). Выполнены геоботанические описания лесных фитоценозов, изучался почвенный покров. Сделана попытка выполнить доминантную классификацию описаний и составить крупномасштабную геоботаническую карту на ключевой участок. Полученные данные соотнесены с ранее опубликованными работами, посвященным южнотаежным и подтаежным ельникам.

Центрально-Лесной государственный природный биосферный заповедник располагается на западе Европейской части России, на водоразделе верховьев р. Волга и р. Западная Двина, в юго-западной оконечности Валдайской возвышенности.

В заповеднике находятся под охраной относительно старовозрастные еловые и елово-широколиственные лесные массивы, а также обширные участки ненарушенных верховых болот, самыми крупными из которых являются Катин мох и Старосельский мох.

Болота занимают до 6-8% территории заповедника и располагаются на границе двух болотных зон: верховых грядово-мочажинных болот и верховых сосновых и низинных болот [3, 1].

Целью данной работы являлось описание растительности внутриболотных минеральных островов в северной части болота Старосельский мох и составление крупномасштабной геоботанической карты ключевого участка.

Старосельский мох представляет собой болотную систему, заполняющую несколько сточных котловин на водоразделе рек Межа и Тудовка. Площадь торфя-

ного месторождения в границах нулевой залежи составляет 617 га. Максимальная мощность торфяной залежи – 5,5 м, средняя – 3,2 м. Выделяются несколько центров болотообразования. В северо-западной части торф подстилается озерными отложениями. Растительный покров типичен для верховых болот южной тайги и подтайги: на пологих склонах произрастают окраинные болотные сосняки из *Pinus sylvestris*. На плоских участках по периферии болота формируются сообщества из *Carex rostrata* и разреженным древостоем сосны, реже – березы или безлесные [4].

Пологие, слегка дренируемые склоны южной выпуклой части болота Старосельский мох, представляют собой грядово-мочажинные комплексы (ГМК). В 2017 г. нами были выполнены геоботанические описания экспериментальных и фоновых площадок (грант РФФИ № 17-04-01856-а, рук. А.В. Тиунов). Растительность мочажин относится к ассоциации *Rhynchosporium albae* Koch 1926, которая широко распространена в Западной и Центральной Европе, Прибалтике, Калининградской обл., севере Беларуси, в Полесье, Северо-Западе России. Ассоциация представлена субассоциа-

цией *sphagnetosum fallacis* Hueck 1929. Диагностический вид – *Sphagnum fallax* (таблица 1). Эта субассоциация известна по описаниям болот Северо-Запада России, Калининградской обл., Польши и Беларуси.

Растительность положительных элементов микро-рельефа представлена ассоциацией *Sphagnetum magellanicum* (Malc. 1929) (Kästner et Flössner 1933). Она включает кустарничково-сфагновые сообщества кочек и ковров с доминированием сфагнома магелланского (*Sphagnum magellanicum*¹) и узколистного (*Sph. angustifolium*). Ассоциация широко распространена европейских болотах гемибореальной и неморальной зон, где описана как на небольших верховых болотах, а также окрайках крупных болотных массивов. Известна присутствием в Западной и Центральной Европе, Прибалтике, Европейской России. Очень широко встречается на болотах Беларуси. На площадках закладки эксперимента описана субассоциация *scheuchzerietosum palustris* (Kästner et Flössner 1933) Dierssen in Oberdorfer

et al. 1977. Диагностический вид – *Scheuchzeria palustris* (таблица 2).

Наиболее типичными местообитаниями сообществ ассоциации являются кочки, расположенные в окраинном коврово-кочковатом комплексе верховых болот. На болотах южной тайги и хвойно-широколиственной подзоны нередко встречается на грядах грядово-мочажинных комплексов, формирующихся на склонах болот.

В северной части болотной системы Старосельский мох находится несколько минеральных островов, площадью от 0,6 до 9,0 га), и представляющих собой участки минерального грунта с лесной растительностью. Рельеф поверхности северной части самого болота ровный, или даже чуть пониженный к центру, поэтому здесь распространены мезотрофные сообщества с преобладанием *Carex lasiocarpa* и открытые сфагновые топи с сообществами из *Rhynchospora alba* и отдельными крупными кочками с олиготрофно-мезотрофными группировками [4].

Таблица 1 – Растительность мочажин болота Старосельский мох

Площадки эксперимента	ЭП7 М	ЭП5 М	ЭП14 М	ЭП3 М	ЭП12 М	ЭП19 М	ЭП20 М	ЭП21 М	ЭП13 М	ЭП11 М	ЭП1 М	ЭП24 М
D. ass. <i>Rhynchosporium albae</i>												
<i>Rhynchospora alba</i>	2	2	1	1	+	+	1	1	1	+	+	+
D. subass. <i>sphagnetosum fallacis</i>												
<i>Sphagnum fallax</i>	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Cl. SCHEUCHZERIO PALUSTRIS-CARICETEA NIGRAE												
<i>Cladopodiella fluitans</i>	.	+	+	+	+	r	1	1	2	+		+
<i>Scheuchzeria palustris</i>	+	+	+	+	+	+	+	r	+	+	+	+
<i>Sphagnum cuspidatum</i>	r	2	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Sphagnum majus</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	r
Cl. OXYCOCCO-SPHAGNETEA												
<i>Andromeda polifolia</i>	+	+	+	+	.	+	r	+	r	+	+	+
<i>Oxycoccus palustris</i>	+	+	+	r	r	+	+	r	r	+	r	+
<i>Drosera rotundifolia</i>	r	+	r	r	r	r	r	+	+	r	r	+
<i>Eriophorum vaginatum</i>	.	.	+	+	r	+	r	.	.	r	+	+
<i>Chamaedaphne calyculata</i>	r	.	.	.	.	r	.	.	.	.	.	1
<i>Sphagnum magellanicum</i>	.	.	+	.	.	.	.	.	r	.	.	.

Таблица 2 – Растительность низких кочек и гряд болота Старосельский мох

Площадки эксперимента	ЭП16 ПКОЧ	ЭП6 ПКОЧ	ЭП4 ПКОЧ	ЭП10 ПКОЧ	ЭП8 ПКОЧ	ЭП2 ПКОЧ	ЭП15 ПКОЧ	ЭП23 ПКОЧ	ЭП22 ПКОЧ	ЭП18 Гряда	ЭП17 Гряда	ЭП9 Гряда
D. ass. <i>Sphagnetum magellanicum</i>												
<i>Sphagnum magellanicum</i>	2	3	3	3	5	4	5	5	5	5	5	4
<i>Sphagnum angustifolium</i>	1	1	2	+	2	3		1	+	+	+	2
<i>Chamaedaphne calyculata</i>	+	r	+	r	+	+	r	+	+	+	+	+
<i>Andromeda polifolia</i>	+	1	1	+	+	1	+	1	1	1	1	1
<i>Oxycoccus palustris</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Polytrichum strictum</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2	+	1
D. subass. <i>scheuchzerietosum palustris</i>												
<i>Scheuchzeria palustris</i>	2	+	+	r	2	+	1	1	+	+	+	+
<i>Sphagnum fallax</i>	4	3	3	3	r	+	+	1	1	+	1	.
Cl. SCHEUCHZERIO PALUSTRIS-CARICETEA NIGRAE												
<i>Rhynchospora alba</i>	+	+	1	+	r	+	+	+	+	+	r	r
<i>Sphagnum cuspidatum</i>	.	.	.	r	r	.	.	.	.	.	.	.
<i>Sphagnum majus</i>	.	.	.	.	.	.	r	.	.	.	.	.
<i>Cladopodiella fluitans</i>	r	.	.	r	.	.	r	.	.	.	.	.
Cl. OXYCOCCO-SPHAGNETEA												
<i>Drosera rotundifolia</i>	r	+	r	r	+	r	r	r	r	r	r	r
<i>Eriophorum vaginatum</i>	r	+	+	2	+	+	+	+	+	+	1	2
<i>Carex pauciflora</i>	.	.	r	+	.	.	.	.	.	.	.	r

¹ *Sphagnum magellanicum* был разделен по молекулярно-генетическим данным [8]. В данном случае и далее по тексту следует понимать как *Sphagnum divinum*.

Схема фактического материала представлена на рисунке 1. Пробные площадки были заложены на 5 минеральных островах.

В результате камеральной обработки полевых бланков была составлена сводная таблица геоботанических описаний (таблица 3). Для каждого вида указан класс постоянства (от I до V, где V – наиболее часто встречающийся вид). На минеральных островах произрастают ельники кисличные (описание № 2), березово-еловые кисличные (№ 6, 10), елово-березово-кисличные (№, 1, 7, 9), ельники папоротниково-кисличные зеленомошные (№ 4, 8), березово-еловые папоротниково-кислично-зеленомошные (№ 5) и осиново-еловые мелко-травно-папоротниковые (№ 3).

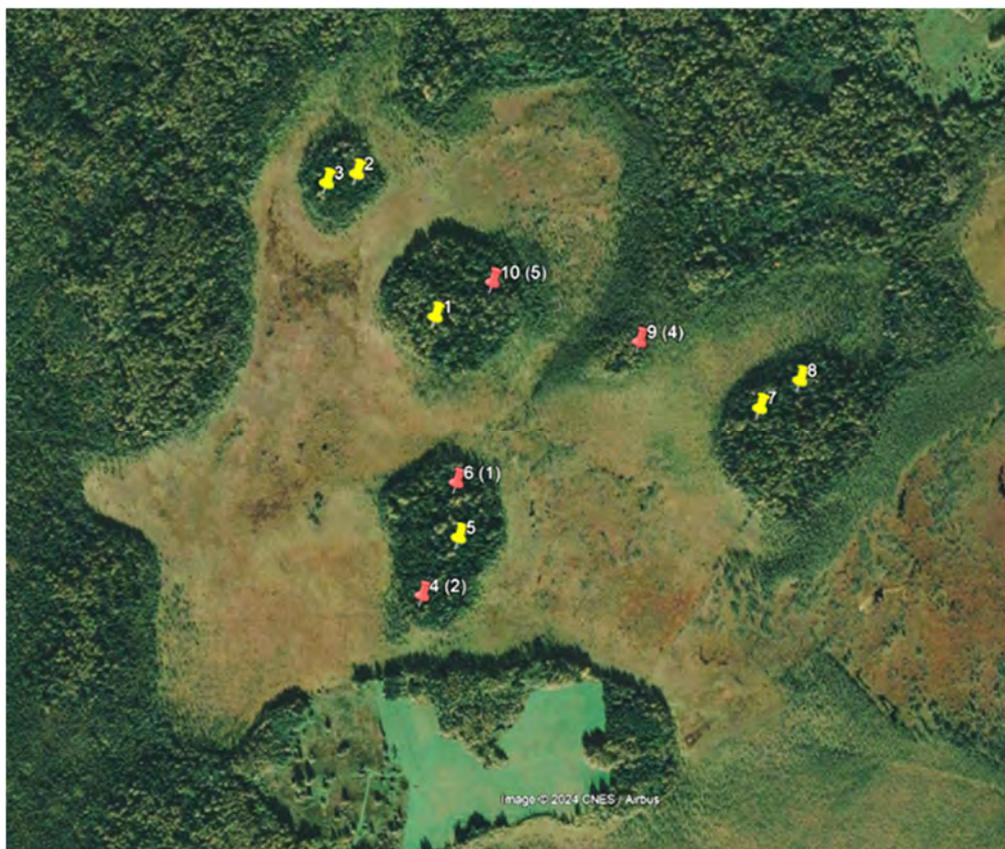
В.И. Василевич и Т.В. Бибикина в статье «Ельники кисличные Европейской части России» [2] обозначают ельники кисличные как группу ассоциаций, которая включает в себя 4 ассоциации: ельники кисличный (*Oxalido-Piceetum*), атириевый (*Athyrio-Piceetum*), мелкопапоротниковый (*Gymnocarpio-Piceetum*) и неморально-травный (*Aegopodio-Piceetum*).

Асс. *Oxalido-Piceetum* преобладает на плакорах в подзоне южной тайги. Асс. *Athyrio-Piceetum* отличается присутствием большой группы гигромезофитов. Асс. *Gymnocarpio-Piceetum* – северная ассоциация относительно богатых ельников, которая распространена преимущественно в подзонах северной и средней тайги. Асс. *Aegopodio-Piceetum* характеризуется высоким обилием в травяном ярусе неморальных видов, каждый из которых имеет среднее постоянство, но в целом они становятся содоминантом кислицы. Доминан-

том является *Picea abies*, в случае же минеральных островов исследуемого болотного массива мы указываем *Picea fennica* – гибридный вид между елью обыкновенной (*Picea abies*) и сибирской (*Picea obovata*), подчеркивая специфичность биотопов. Моховой ярус во всех ассоциациях группы ельников кисличных обычно развит слабо. Среднее проективное покрытие мхов всего лишь около 15%, но может сильно варьировать. Основными видами являются *Pleurozium schreberi* и *Hylocomium splendens*.

Несомненно, описанные на минеральных островах сообщества относятся к группе ассоциаций ельнички кисличные, ассоциации *Oxalido-Piceetum*. Внутри ассоциации *Oxalido-Piceetum* дополнительно выделяются безмоховые ельники, где в древесном ярусе выше постоянство мелколиственных пород – березы (*Betula pubescens*, реже *B. pendula*) и *Populus tremula*. В таких сообществах выше обилие и постоянство *Anemone nemorosa*, *Dryopteris carthusiana*, *Rubus idaeus*, *Athyrium filix-femina*, *Stellaria nemorum* [2]. Большинство сделанных нами описаний можно было бы отнести в эту субассоциацию.

На минеральных островах были описаны дерново-подзолистые лёгкосуглинистые почвы на моренных суглинках. Почвы обладают низкими значениями как солевого, так и водного pH – от 2,85 до 3,95 и от 3,43 до 4,37 соответственно. Таким образом, почвы характеризуются сильнокислой реакцией, причем в нижней части профиля для всех 4-х разрезов наблюдается увеличение значений водного pH от 3,5 в верхних горизонтах (солевого pH=2,9) до 4,5 (солевого pH=3,5) – в нижних.



Отметки желтым – сделаны описания растительности; красным – сделаны описания растительности и заложены почвенные разрезы (в скобках – № почвенного разреза)

Рисунок 1 – Фрагмент космоснимка с изображением ключевого участка болотного массива с отметками пробных площадок

Таблица 3 – Таблица геоботанических описаний лесной растительности внутриболотных островов

№ описания	3	2	9	10	7	1	6	5	4	8	Кл. постояел.	
Дата	20.07.2017	20.07.2017	22.07.2017	22.07.2017	22.07.2017	20.07.2017	21.07.2017	21.07.2017	21.07.2017	22.07.2017		
Координаты (с.ш., в.д.)	56°29'29.1" 33°01'09.6"	56°29'29.8" 33°01'13.3"	56°29'10.0" 33°01'49.0"	56°29'22.6" 33°01'30.6"	56°29'14.5" 33°02'04.3"	56°29'20.1" 33°01'23.6"	56°29'08.6" 33°01'26.9"	56°29'04.8" 33°01'27.4"	56°29'00.7" 33°01'23.1"	56°29'16.5" 33°02'09.2"		
Высота, м	258 м	263 м	260 м	261 м	258 м	253 м	260 м	243 м	240 м	264 м		
Формула	7Е3Ос+Б	10Е	3Е7Б+Ос	6Е3Б1Ос	5Б4Е1С	7Б2Е1Ос	Е3Б1Ос	7Е3Б+Ол.с.	10Е+В	10Е+Б		
Сомкнутость	0,5-0,9	0,7-0,8	0,3	0,6	0,5	0,6-0,8	0,5-0,8	0,5-0,9	0,5	0,3		
Древостой												
<i>Picea fennica</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		V
<i>Sorbus aucuparia</i>	+	+	.	+	+	+	+	+	+	+		V
<i>Populus tremula</i>	+	.	+	+	.	+	+	.	.	.		III
<i>Betula pubescens</i>	.	.	+	+	+	+	.	.	.	+		III
<i>Betula pendula</i>	+	.	.	.	+	.	+	+	.	.		II
<i>Acer platanoides</i>	+	.	.	+		I
<i>Alnus incana</i>	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	I
<i>Picea abies</i>	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	I
<i>Pinus sylvestris</i>	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	I
<i>Salix caprea</i>	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	I
<i>Ulmus glabra</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	I
Подрост												
<i>Picea fennica</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+(сух)	+	V	
<i>Sorbus aucuparia</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	V	
<i>Populus tremula</i>	+	.	+	+	.	+	+	.	+	+	IV	
<i>Padus avium</i>	+	.	.	.	.	.	.	.	+	.	I
<i>Alnus incana</i>	.	.	.	.	.	.	.	+	+	.	I
<i>Betula pendula</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	I
<i>Betula pubescens</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	I
<i>Ulmus glabra</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	I
<i>Acer platanoides</i>	+	.	.	+	.	.	.	.	.	.	I
<i>Salix caprea</i>	.	+	.	.	.	.	.	.	.	+	I
Кустарники												
<i>Rubus idaeus</i>	<1	+	.	1	4	3	1	4	15	12	V	
<i>Frangula alnus</i>	.	.	+	+	+	.	+	+	+	+	IV	
<i>Corylus avellana</i>	+	+	.	.	+	+	.	.	+	+	III	
<i>Lonicera xylosteum</i>	+	+	+	+	.	+	.	.	.	.	III
<i>Viburnum opulus</i>	.	+	.	+	.	+	.	.	.	.	II
<i>Frangula alnus</i>	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	I
<i>Daphne mezereum</i>	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	I
Травяно-куст. ярус, %	15-17	30	35	45	65	80	45-50	65-70	85	95	-	
<i>Oxalis acetosella</i>	6	20	20	25	35	70	20	40	40	15	V	
<i>Paris quadrifolia</i>	+	1	+	<1	<1	+	<1	<1	+	<1	V	
<i>Equisetum sylvaticum</i>	+	+	+	+	<1	+	+	<1	+	<1	V	
<i>Dryopteris carthusiana</i>	4	3	3	5	1	2	1	3	3-5	.	V	
<i>Luzula pilosa</i>	1	<1	1	.	1	1	1	1	<1	1	V	
<i>Solidago virgaurea</i>	<1	1	.	<1	1	1	<1	1	1	+	V	
<i>Gymnocarpium dryopteris</i>	<1	1	1-2	<1	<1	.	1-2	.	.	1	IV	
<i>Anemone nemorosa</i>	<1	<1	.	1	<1	1	<1	.	.	+	IV	
<i>Glechoma hederacea</i>	2	2	+	2	3	+	.	.	.	2	IV	
<i>Maianthemum bifolium</i>	1	+	1	.	1	+	1	1	.	<1	IV	
<i>Fragaria vesca</i>	+	.	2	3	+	2	2-3	1-2	.	.	IV	
<i>Thelypteris phegopteris</i>	3	1-2	1	.	1-2	1	<1	<1	1	1-2	V	
<i>Trientalis europaea</i>	<1	.	<1	.	1	.	<1	+	+	+	IV	
<i>Vaccinium myrtillus</i>	1	.	.	.	8	<1	3	1	.	.	III	
<i>Milium effusum</i>	<1	.	+	<1	1	.	1	2	<1	<1	IV	
<i>Dryopteris expansa</i>	.	.	10	15	5	6	7	15	25	45	IV	
<i>Stellaria nemorum</i>	.	.	<1	1	3-5	7	12	20	25	10	IV	
<i>Athyrium filix-femina</i>	1	1	.	.	<1	1	2	2	2	18	IV	
<i>Circaea alpina</i>	.	.	.	<1	<1	1	<1	1	17	2	IV	
<i>Viola riviniana</i>	.	.	.	1	<1	+	1	+	+	.	III	
<i>Urtica dioica</i>	.	.	.	1	.	+	.	+	.	.	II	
<i>Mycelis muralis</i>	.	.	+	.	.	<1	+	+	.	.	II	
<i>Carex pallescens</i>	.	.	<1	.	.	.	.	<1	.	+	II
<i>Rubus saxatilis</i>	<1	.	5	.	.	.	.	+	.	.	II
<i>Angelica sylvestris</i>	1	.	<1	.	.	.	.	.	.	.	I
<i>Stellaria holostea</i>	1	1	2	.	.	.	.	.	.	.	II
<i>Pulmonaria obscura</i>	3	<1	.	.	.	.	.	.	.	.	I

№ описания	3	2	9	10	7	1	6	5	4	8	Кл. постояел.
Дата	20.07.2017	20.07.2017	22.07.2017	22.07.2017	22.07.2017	20.07.2017	21.07.2017	21.07.2017	21.07.2017	22.07.2017	
Координаты (с.ш., в.д.)	56°29'29.1" 33°01'09.6"	56°29'29.8" 33°01'13.3"	56°29'10.0" 33°01'49.0"	56°29'22.6" 33°01'30.6"	56°29'14.5" 33°02'04.3"	56°29'20.1" 33°01'23.6"	56°29'08.6" 33°01'26.9"	56°29'04.8" 33°01'27.4"	56°29'00.7" 33°01'23.1"	56°29'16.5" 33°02'09.2"	
Высота, м	258 м	263 м	260 м	261 м	258 м	253 м	260 м	243 м	240 м	264 м	
Формула	7Е3Ос+Б	10Е	3Е7Б+Ос	6ЕЗБ1Ос	5Б4Е1С	7Б2Е1Ос	ЕЗБ1Ос	7ЕЗБ+Ол.с.	10Е+В	10Е+Б	
Сомкнутость	0,5-0,9	0,7-0,8	0,3	0,6	0,5	0,6-0,8	0,5-0,8	0,5-0,9	0,5	0,3	
<i>Aegopodium podagraria</i>	+	<1	.	.	.	.	.	.	.	.	I
<i>Actaea spicata</i>	+	+	.	.	.	+	.	.	.	.	II
<i>Impatiens noli-tangere</i>	+	.	.	+	.	+	.	.	+	.	II
<i>Galium odoratum</i>	+	.	.	.	.	3	.	.	.	.	I
<i>Lathyrus vernus</i>	<1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	I
<i>Polygonatum odoratum</i>	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	I
<i>Orthilia secunda</i>	.	.	+	.	.	+	.	.	.	.	I
<i>Chamaenerion angustifolium</i>	.	.	+	.	.	.	.	.	<1	.	I
<i>Hepatica nobilis</i>	.	+	1	.	+	.	.	.	.	.	II
<i>Calamagrostis arundinacea</i>	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	I
<i>Linnaea borealis</i>	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	I
<i>Galeopsis speciosa</i>	.	.	.	.	.	+	.	+	.	.	I
<i>Ajuga reptans</i>	.	.	.	.	+	+	<1	.	.	.	II
<i>Carex digitata</i>	.	.	.	.	1	+	<1	.	.	.	II
<i>Veronica officinalis</i>	.	.	.	.	.	+	1	.	.	.	I
<i>Calamagrostis canescens</i>	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	I
<i>Ranunculus repens</i>	.	.	.	.	<1	.	+	.	.	.	I
<i>Carex elongata</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	I
<i>Deschampsia cespitosa</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	I
<i>Lamium maculatum</i>	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	I
Мохово-лиш. ярус,%	<5	<20	<10	<10	<10	<1	<10	35	30-35	70	-
<i>Pleurozium schreberi</i>	1	6	5	.	2	.	<1	2	1	15-20	IV
<i>Dicranum scoparium</i>	3	.	<1	.	1	.	.	3	5	<1	IV
<i>Hylocomium splendens</i>	+	1	.	<1	.	.	<1	+	<1	5	IV
<i>Polytrichum commune</i>	+	10	.	.	.	.	+	5	.	<1	III
<i>Зеленые мхи</i>	.	2	.	.	.	.	6	.	20	25	II
<i>Dicranum polysetum</i>	.	1	1	.	.	+	.	.	.	<1	II
<i>Plagiommium medium</i>	.	.	.	3	.	.	.	20	2	.	II
<i>Polytrichum sp.</i>	2	.	.	<1	1	.	.	1	.	.	II
<i>Rhytidadelphus triquetrus</i>	.	.	1	+	.	.	.	.	.	.	I
<i>Ptilium crista-castrensis</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	<1	I
<i>Sphagnum girgensohnii</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	<1	I
<i>Sphagnum squarrosum</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	<1	I
<i>Brachythecium sp.</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	5	I

Согласно флористической классификации мезофитные неморальнотравные еловые (*Picea abies*) и еловые с небольшим участием широколиственных пород в древостое или в подросте леса Европейской России относятся к ассоциации *Rhodobryo rosei – Piceetum abietis* Korotkov 1986. Ассоциация представлена в южной тайге и подзоне широколиственно-хвойных лесов [5]. Одна из особенностей сообществ ассоциации – сильная мозаичность и полидоминантность нижних ярусов [2, 7]. Другой своеобразной чертой ассоциации является суммарное преобладание неморальных видов в нижних ярусах. Как отмечают В. И. Василевич и Т. В. Бибилова [2], неморальные виды могут рассматриваться в качестве коллективного доминанта и иметь покрытие, приблизительно равное покрытию кислицы или превышающее его.

Видовой состав еловых кисличных лесов, встречающихся на болотных островах севернее ур. Староселье, демонстрирует некоторое обеднение видами неморальной свиты и, вероятно, ближе к южнотаежным аналогам (см. таблицу 3).

По данным М.Ю. Пукинской [6] в последние десятилетия в Центрально-Лесном заповеднике наблюдается распад неморальных ельников, а за последние 90

лет в ельниках увеличилось покрытие неморальными травами.

По материалам полевых исследований, а также с помощью дешифрирования ДДЗ, была предпринята попытка составления крупномасштабной геоботанической карты ключевого участка северной части болотного массива «Старосельский мох», в том числе и лесных сообществ минеральных островов (рисунок 2).

Всего было выделено 12 картируемых единиц, которые были объединены под тремя подзаголовками:

1. Лесная растительность. Выделена одна подгруппа – сообщества подтайги. Сюда вошли сообщества внутриболотных минеральных островов группы ассоциаций ельники кисличные.

2. Болотная растительность. Разделена на две подгруппы – олиготрофные сообщества, характерные для западной и северо-западной части картируемого участка, и мезоолиготрофные, распространенные в его восточной части.

3. Прочие обозначения. Показаны окружающие болото территории: лесные суходолы, а также урочище Староселье.

На карте отражены еловые кислично-зеленомошные и мелколиственно-еловые кисличные фитоценозы,

произрастающие на минеральных островах. На северном небольшом острове описано осиново-еловое мелкотравно-папоротниковое сообщество с неморальной группой видов и незначительным участием в травяном ярусе кислицы. На внутриболотном острове в центре закартированного участка сформировались вторичные березово-еловые и елово-березовые кисличные леса.

Болотная растительность на карте представлена олиготрофными пушицево-сфагновыми сообществами, которые распространены в западной и южной частях болотного массива, расположенного к северу от Ста-

роселье. Кустарничково-сфагновые сосняки и сосново-пушицево-сфагновые сообщества с *Pinus sylvestris* f. *litwinowii* встречаются по окрайкам болота (см. рисунок 2). Мезоолиготрофные сообщества получают распространение в восточной части карты. Это травяно-осоково-сфагновые сообщества с березой пушистой. Увеличение трофности наблюдается вблизи внутриболотных островов, где произрастают сосново-березовые осоково-сфагновые сообщества. Мочажинно-ковровые вахтово-очеретниково-сфагновые фитоценозы находятся в западной части закартированного участка.

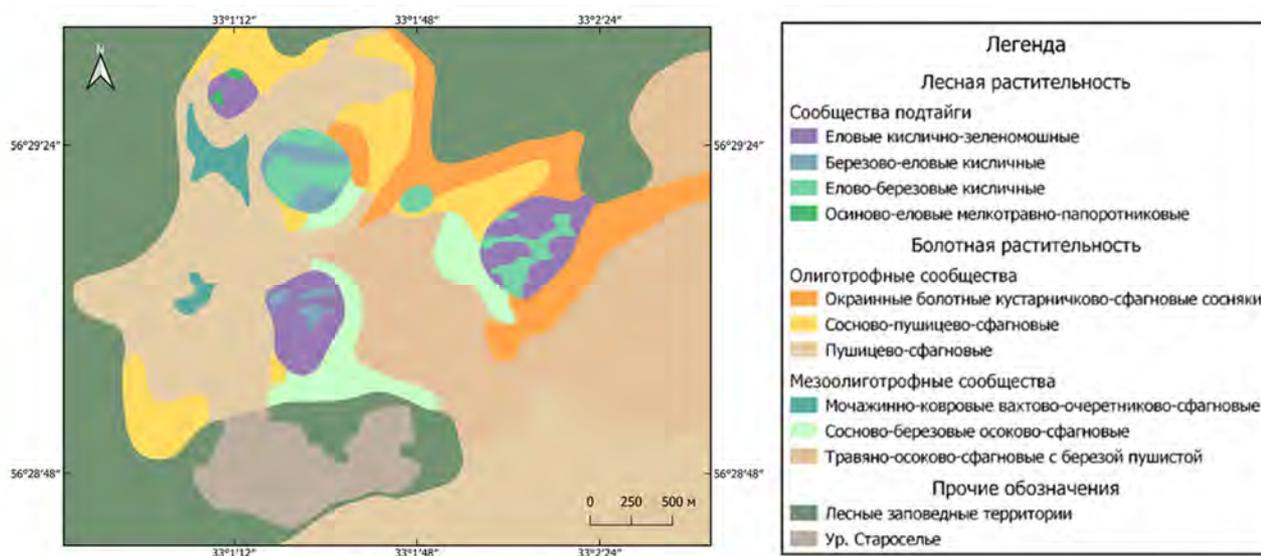


Рисунок 2 – Крупномасштабная геоботаническая карта ключевого участка болота «Старосельский мох»

Процессы заболачивания лесных сообществ в центральных частях минеральных островов выражены слабо. По окрайкам, на границе с болотом наблюдается внедрение в состав сообществ сфагновых мхов (*Sphagnum angustifolium*, *Sph. girgensohnii* и *Sph. squarrosum*), болотных кустарничков (*Andromeda polifolia*, *Chamaedaphne calyculata*, *Empetrum nigrum*, *Oxycoccus palustris*), осок (*Carex rostrata*, *C. vesicaria*, *C. nigra*, *C. lasiocarpa*) и пушицы (*Eriophorum vaginatum*).

Невыраженность процесса заболачивания в центральных частях минеральных островов также подтверждается сведениями из почвенных описаний. Почвы были диагностированы как дерново-подзолистые, без признаков процесса оглеения или торфонакопления.

Таким образом, данные внутриболотные минеральные острова, относящиеся к северной части болотной системы Старосельский мох, являются уникальными биотопами, вносящим разнообразие во флору и растительность Центрально-Лесного заповедника.

Список литературы

1. Боч М.С., Мазинг В.В. Экосистемы болот СССР. Л.: Наука, 1979. 188 с.
2. Василевич В.И., Бибикова Т.В. Ельники кисличные Европейской России // Бот. журн. 2004. Т. 89. №10. С. 1573-1587.
3. Кац Н.Я. Болота земного шара. Москва: Наука, 1971. 294 с.
4. Минаева Т.Ю., Глушков, И.В., Носова, М.Б. и др. Очерк болот Центрально-Лесного заповедника // Труды Центрально-Лесного заповедника. 2007. Вып. 4. Тула: Гриф и Ко. С. 267-296.
5. Морозова О.В., Семенищенков Ю.А., Тихонова Е.В. и др. Неморальнотравные ельники Европейской России // Растительность России. 2017. № 31. С. 33–58.
6. Пукинская М.Ю. Смена пород в неморальных ельниках Центрально-Лесного заповедника. Поволжский экологический журнал. 2020 № 4. С. 459-476.
7. Рысин Л.П., Савельева Л.И. Еловые леса России. М. 2002. 335 с.

КРУПНОМАСШТАБНОЕ КАРТОГРАФИРОВАНИЕ БОЛОТНОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ В ПОЛОСЕ ВЛИЯНИЯ РЫБИНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

О.В. Галанина¹, П.А. Черненко²

¹Ботанический институт имени В.Л. Комарова РАН, Санкт-Петербург, Россия, ogalanina@binran.ru

²Институт лесоведения РАН, Московская обл., Россия, ch.polina@mail.ru

Исследования проводили в Дарвинском государственном заповеднике, на берегу Рыбинского водохранилища на ключевом участке «Борок», вблизи д. Борок. Исследовали растительные сообщества по берегам водохранилища. На фоне сфагновых болот и сосновых зеленомошных лесов разнообразие участку придают евтрофные осоково-сфагновые сообщества, занимающие небольшие понижения в рельефе. Составлена геоботаническая карта ключевого участка, выделено 12 элементов легенды.

Дарвинский государственный заповедник располагается на северо-западном побережье Рыбинского водохранилища на границе Вологодской и Ярославской областей. Территория заповедника лежит в пределах южной тайги; на большей её части преобладают сосняки сфагновые [5].

На прибрежную растительность оказывают существенное влияние несколько факторов: затопление значительных территорий вследствие колебания уровня воды, подъем уровня грунтовых вод, изменение микроклиматических показателей [4, 6], которые формируют зону временного затопления (далее – ЗВЗ). В направлении суходола от ЗВЗ следует зона подтопления, образующаяся под влиянием периодического подъема уровня грунтовых вод.

В заповеднике большую площадь занимают верховые болота, скудость флоры которых обусловлена бедностью подстилающих пород элементами водно-минерального питания [4]. Преобладают пушицево (*Eriophorum vaginatum*)-кустарничково (*Chamaedaphne calyculata*, *Andromeda polifolia*, *Ledum palustre*, *Vaccinium uliginosum*)-сфагновые (*Sphagnum divinum*, *Sph. angustifolium*) фитоценозы. По классификации Т.К. Юрковской болота изучаемой территории относятся к северо-западно-европейским сфагновым болотам [7].

Исследования проводились в августе 2023 г. на ключевом участке «Борок» к юго-востоку от д. Борок. Была обследована территория, ограниченная берегом водохранилища с юга и востока, верховым болотным массивом «Большой мох» с севера. В ходе маршрутных исследований выполнялись геоботанические описания, измерения уровня и pH болотных вод, составлялись эталоны дешифрирования.

Целью работы являлось выявление современных динамических процессов, происходящих в зоне подтопления Рыбинского водохранилища. Крупномасштабное геоботаническое картографирование как метод исследования позволяет отобразить пространственную неоднородность растительного покрова под влиянием антропогенных и естественных факторов в заданный момент времени.

Ранее нами были исследованы два других ключевых участка, для них были составлены и опубликованы геоботанические карты: «Большой мох» [1, 3] и «Утешковское болото» [2].

ЗВЗ непосредственно соприкасается с ключевым участком «Борок» с двух сторон – южной и восточной. С западной стороны участок удален от ЗВЗ расстояние 1,65 км. Большую часть площади ключевого участка занимают лесные сообщества широкой минеральной

гряды, с севера участка находится небольшое верховое болото (рисунок). Характерной особенностью участка является наличие большого количества понижений – неглубоких котловин небольшого размера, занятых гигрофитно-травяной растительностью.

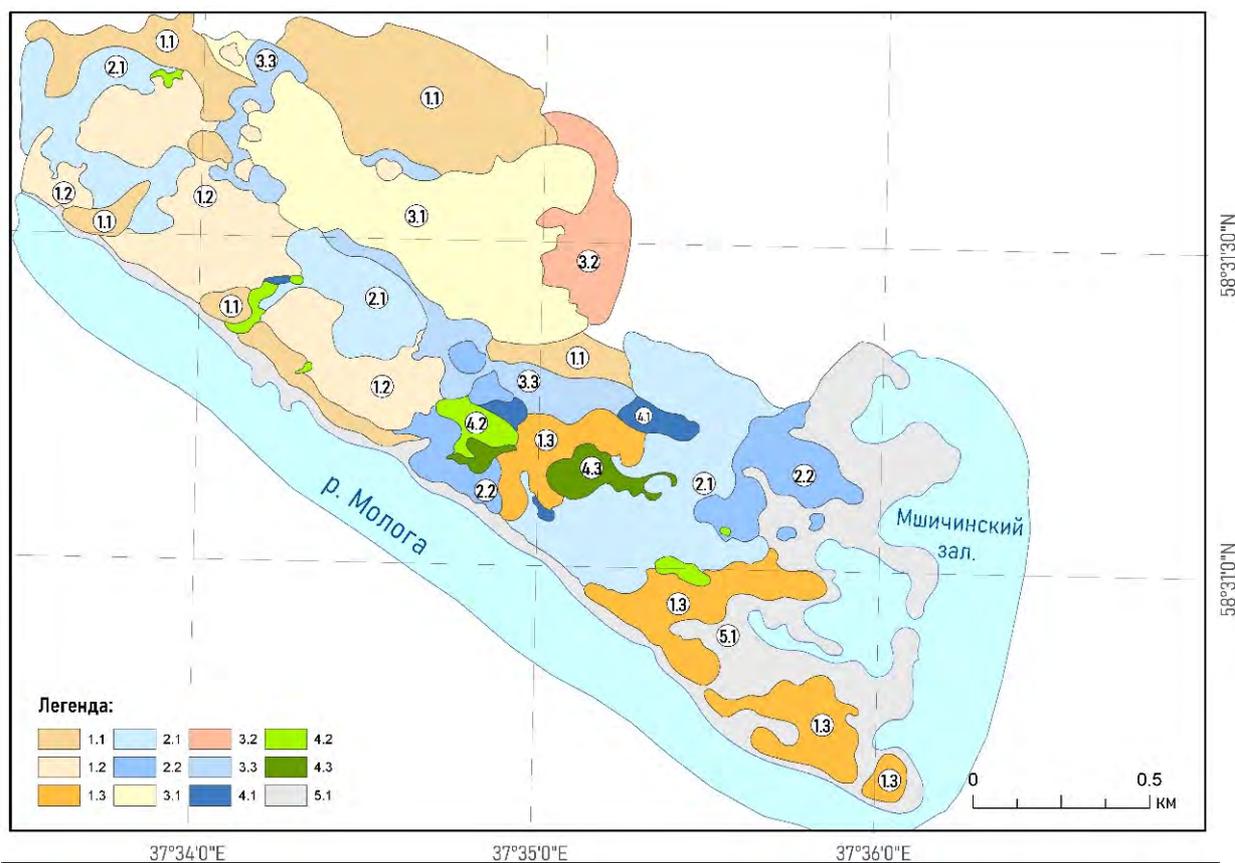
Крупномасштабная карта растительности ключевого участка составлена на основе 35 полных описаний на бланках и маршрутных точек в полевом дневнике. Легенда карты создана на основе эколого-фитоценотической классификации и включает 12 картируемых единиц.

В лесной растительности участка преобладают сосновые и березовые леса. Елово-сосновые травяно-кустарничково-зеленомошные (1.1) леса наиболее бедные по видовому составу. Из-за высокой сомкнутости (0,8) древесного яруса (*Picea abies*, *Pinus sylvestris*) и елового подроста проективное покрытие травяно-кустарничкового яруса не превышает 20%, в нём преобладают *Vaccinium myrtillus* и *Pteridium aquilinum*. Моховой покров представлен *Pleurozium schreberi*, *Hylocomium splendens*.

Более разреженные и светлые (сомкнутость 0,5-0,6) сосновые кустарничково-зеленомошные и зеленомошные леса (1.2) занимают плоские гряды, окружающие болотный массив. Здесь преобладает моховой покров (до 90%), состоящий из *Pleurozium schreberi*, *Hylocomium splendens*, видов рода *Dicranum*. В травяном ярусе доминируют *Vaccinium myrtillus*, *Pteridium aquilinum*, однако широко представлена группа видов светлых, сухих сосновых лесов: *Melampyrum pratense*, *Luzula pilosa*, *Trientalis europaea*, *Maianthemum bifolium*, *Calamagrostis epigeios*, *Lycopodium annotinum*.

Наиболее богатыми по числу видов являются сосняки травяные (1.3) и березняки (*Betula pendula*) травяные (2.1), которые занимают плоские песчаные гряды. Это светлые, сухие сообщества. В травяно-кустарничковом ярусе сосновых лесов доминируют *Dryopteris carthusiana*, *Athyrium filix-femina*, *Calamagrostis epigeios*, березовых – *Pteridium aquilinum*, *Orthilia secunda*, *Luzula pilosa*, *Melampyrum pratense*. Моховой покров развит слабо.

На месте бывших с/х угодий формируются березняки щучковые (2.2). Древесный ярус состоит из *Betula pendula*, встречаются экземпляры *Pinus sylvestris*. Особенностью этих сообществ является хорошо развитый кустарниковый ярус, в котором доминирует *Rubus idaeus* (до 40% проективного покрытия) при участии *Juniperus communis*, *Frangula alnus*. В травяно-кустарничковом ярусе встречаются 36 видов растений, доминируют злаки: *Deschampsia cespitosa*, *Agrostis tenuis*, широко участие папоротников: *Pteridium aquilinum*, *Dryopteris carthusiana*. Моховой покров развит слабо.



К ЛЕГЕНДЕ

ЛЕСНАЯ РАСТИТЕЛЬНОСТЬ:

- 1. Сосновые леса:**
 - 1.1 Елово-сосновые травяно (*Pteridium aquilinum*)-кустарничково (*Vaccinium myrtillus*)-зеленомошные
 - 1.2 Сосновые кустарничково (*Vaccinium myrtillus*, *Pteridium aquilinum*)-зеленомошные и зеленомошные
 - 1.3 Сосняки травяные (*Dryopteris carthusiana*, *Athyrium filix-femina*, *Calamagrostis epigeios*)
- 2. Березовые леса**
 - 2.1 Берёзовые (*Betula pendula*) травяные (*Pteridium aquilinum*, *Orthilia secunda*, *Luzula pilosa*, *Melampyrum pratense*)
 - 2.2 Березняки (*Betula pendula*) щучковые (*Deschampsia cespitosa*, *Agrostis tenuis*, *Pteridium aquilinum*, *Dryopteris carthusiana*) с малиной

БОЛОТНАЯ РАСТИТЕЛЬНОСТЬ:

- 3. Болота верховые**
 - 3.1 Кустарничково (*Chamaedaphne calyculata*, *Ledum palustre*)-сфагновые (*Sphagnum angustifolium*) с низкорослой сосной
 - 3.2 Сосново-березово-кустарничково (*Vaccinium myrtillus*, *Chamaedaphne calyculata*, *Ledum palustre*)-сфагновые
 - 3.3 Кустарничково (*Vaccinium myrtillus*, *Chamaedaphne calyculata*, *Vaccinium uliginosum*)-осоково (*Carex nigra*, *C. juncella*, *C. rostrata*)-сфагновые (*Sphagnum angustifolium*, *Sph. fallax*, *Sph. russowii*) с березой (*Betula pubescens*)
- 4. Болота переходные и низинные**
 - 4.1 Березово (*Betula pubescens*)-осоково (*Carex vesicaria*)-щучково-вейниковые (*Deschampsia cespitosa*, *Calamagrostis epigeios*, *C. canescens*)
 - 4.2 Осоковые (*Carex vesicaria*) и осоково-сфагновые (*Sphagnum girgensohnii*, *Sph. squarrosum*)
 - 4.3 Осоково (*Carex rostrata*)-сфагновые (*Sphagnum riparium*)

ПРИБРЕЖНО-ВОДНАЯ РАСТИТЕЛЬНОСТЬ:

- 5. Растительность ЗВЗ:**
 - 5.1 Травяно (*Rorippa amphibia*, *Alisma plantago-aquatica*, *Equisetum fluviatile*, *Agrostis stolonifera*)-осоковые (*Carex acuta*, *C. vesicaria*) с ивами (*Salix dasyclados*, *S. triandra*)

Рисунок – Геоботаническая карта ключевого участка «Борок»

Болотная растительность представлена олиготрофными кустарничково-сфагновыми сообществами с низкорослой сосной (3.1). В травяно-кустарничковом ярусе доминируют *Chamaedaphne calyculata*, *Ledum palustre*, *Eriophorum vaginatum*, *Vaccinium uliginosum*. Сосна обыкновенная произрастает в виде двух экологических форм: *Pinus sylvestris* f. *wilkommii*; f. *litwinowii*. В моховом покрове доминируют *Sphagnum angustifolium*, *Sph. divinum*. pH болотных вод 3,76.

На болотных окраинах произрастают кустарничково-осоково-сфагновые сообщества с березой (3.3). Древесный ярус состоит из *Betula pubescens* высотой до 5 м. Основную роль в сложении таких сообществ играют осоки: *Carex nigra*, *C. juncella*, *C. rostrata*, их проективное покрытие достигает 20%. На кочках произрастают кустарнички: *Vaccinium myrtillus*, *Chamaedaphne calyculata*, *Vaccinium uliginosum*. Моховой покров сплошной, в нём доминируют *Sphagnum angustifolium*, *Sph. fallax*, *Sph. russowii*. pH болотных вод 4,17.

Разнообразие в пространственную структуру растительного покрова вносят отрицательные формы рельефа. Они представляют собой небольшие, чаще всего вытянутые, реже округлые понижения внутри песчаных гряд. Их размеры сильно варьируются: от 10×15 м до 310×180 м. Глубина понижений незначительна – от 1 до 2 м.

Возникновение и развитие таких понижений – очагов суходольного заболачивания – мы связываем с колебаниями уровня воды в водохранилище. Одни из них представляют собой заросшие маленькие заливы водохранилища, имеющие с ним прямую связь, затопляемые весной и в наиболее полноводные годы. Другие понижения, расположенные на удалении от берега (225-512 м), вероятно, испытывают подпор грунтовых вод и также заполняются водой в поздневесеннее время, в связи с таянием снега и высоким уровнем воды в Рыбинском водохранилище.

Растительность таких понижений достаточно специфична, здесь встречаются как болотные, так и лесные виды. Проявляется краевой эффект. Произрастающие в них мезотрофные и евтрофные сообщества занимают широкий спектр экологических условий. Показатели рН грунтовых вод также значительно колеблются: от 5,48 до 6,77. В некоторых понижениях отмечены виды ЗВЗ (рН ЗВЗ = 7,9).

Растительность понижений представлена несколькими сообществами. Обсыхающие летом понижения занимают березово-осоково-щучково-вейниковые фитоценозы (4.1.). Древесный ярус формирует *Betula pubescens*, иногда встречаются *Pinus sylvestris* и *Picea abies*, однако происходит активное выпадение деревьев. Обилен невысокий подлесок из *Frangula alnus*, *Salix aurita*. В травяно-кустарничковом ярусе доминируют *Carex vesicaria*, *Deschampsia cespitosa*, *Calamagrostis epigeios*, *C. canescens*. Мохово-лишайниковый покров развит слабо (до 18%) и состоит из *Polytrichum commune*, *Sphagnum squarrosum*, *Pleurozium schreberi*. Эти сообщества по своему флористическому составу напоминают соседствующие с

ними лесные сообщества. Грунтовые воды залегают на уровне 20 см, рН равен 5,48-5,92.

Более влажные понижения занимают осоковые и осоково-сфагновые (4.2) фитоценозы, в которых доминирует *Carex vesicaria* при участии *Scutellaria galericulata*, *Calamagrostis canescens*, *Juncus filiformis*, *Comarum palustre*, *Scirpus sylvaticus*, *Persicaria amphibia*, *Lythrum salicaria*, *Carex acuta*. Сфагновые мхи представлены *Sphagnum girgensohnii*, *Sph. squarrosum*. В таких сообществах значительную долю площади занимают пятна голой почвы, при наступании на которые сочится вода, её рН равен 6,77.

Встречаются также заболоченные понижения, представляющие собой зарастающие озера, в центре которых можно встретить небольшие остаточные озера. Их окаймляют очень бедные осоково-сфагновые (4.3) сообщества, в которых доминируют *Carex rostrata*, *Sphagnum riparium*. Присутствуют в незначительном количестве *Calamagrostis canescens*, *Carex vesicaria*, *C. acuta*, *Calla palustris*, *Sphagnum cuspidatum*.

ЗВЗ представлена травяно-осоковыми сообществами с участием ив (*Salix dasyclados*, *S. triandra*). Значительное проективное покрытие занимают *Alisma plantago-aquatica*, *Equisetum fluviatile*, *Agrostis stolonifera*, *Carex acuta*, *C. vesicaria*, а также *Rorippa amphibia* представленный двумя жизненными формами. Местами встречаются монодоминантные осочки из *Carex acuta*, чередующиеся с чистыми зарослями *Phragmites australis* или *Agrostis stolonifera*.

Растительность участка отражает подзональное положение территории (южная тайга), здесь преобладают сфагновые болота с сосной и сосновые зеленомошные леса, а также вторичные березовые леса на месте бывших сельскохозяйственных угодий. На многих минеральных грядах наблюдается активный подрост ели (*Picea abies*). Понижения рельефа, заросшие мезоевтрофными и евтрофными осоковыми и вейниково-осоковыми сообществами, вносят разнообразие в растительный покров участка.

Список литературы

1. Галанина О.В., Садоков Д.О., Петрова Е.А., Тюсов Г.А. Исследование болотного массива «Большой Мох» в Дарвинском государственном природном заповеднике // VIII Галкинские Чтения: Материалы конференции, Санкт-Петербург, 02–03 февраля 2017 года. – Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина), 2017. – С. 23-26.
2. Галанина О.В., Садоков Д.О., Черненко П.А. Исследование контактной полосы лесных и болотных биогеоценозов в зоне подтопления Рыбинского водохранилища (Дарвинский заповедник) // Труды Мордовского государственного природного заповедника им. П.Г. Сидовича. – 2021. – № 28. – С. 238-244.
3. Галанина О.В., Черненко П.А. Результаты исследования болотного массива «Большой Мох» (Дарвинский государственный заповедник) // Материалы конференции «XII Галкинские Чтения – Типы болот регионов России», Санкт-Петербург, 03 февраля 2023 года. – Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина), 2023. – С. 24-28.
4. Денисенков В.П. Растительность и стратиграфия залежи болот Дарвинского заповедника. Диссертация канд. геогр. наук. – Л., 1969. – 326 с.
5. Карта растительности европейской части СССР. М. 1:1 000 000, лист О-37. / науч. ред. Т.И. Исаченко, Е.М. Лавренко. – М.: ГУГК, 1975.
6. Кузнецов А.В., Рыбникова И.А. Режим уровня Рыбинского водохранилища, как фактор развития биотического комплекса зоны временного затопления и некоторые методические подходы к его анализу // Труды Дарвинского государственного природного биосферного заповедника, вып. XVII. Череповец, 2015. – С. 9–37.
7. Юрковская Т.К. География и картография растительности болот Европейской России и сопредельных территорий. СПб: БИН РАН, 1992. – С 36-53.

МОНИТОРИНГ СОДЕРЖАНИЯ ТЯЖЁЛЫХ МЕТАЛЛОВ В *SPHAGNUM FUSCUM* НА ПОСТПИРОГЕННОМ БОЛОТЕ

Л.П. Гашкова

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

В работе представлены результаты семилетнего исследования содержания Zn, Cd, Pb и Cu в *Sphagnum fuscum* на участках осушенного верхового болота, выгоревшего в 2016 г. Объекты исследования расположены на восточных отрогах Большого Васюганского болота. В результате работы обнаружено увеличение содержания Zn, Cd, Cu и Pb на постпирогенных и соседних с ними участках, по сравнению с фоновыми. За 7 лет, прошедших после пожара, не зафиксировано статистически достоверного уменьшения концентрации тяжёлых металлов в *Sphagnum fuscum*, но наблюдается тренд на снижение содержания Zn, Cd, и Pb.

Болота являются сложными системами, способными к саморегуляции и восстановлению. При осушении болот происходят изменения естественного состояния экосистемы и всех её составляющих [4]. Смена гидрологического режима в результате осушения приводит к повышению вероятности пожаров на болоте. В процессе сгорания фитомассы и торфа высвобождается большое количество элементов, меняющих сложившиеся биогеохимические циклы [1]. Для отслеживания изменения содержания тяжёлых металлов в окружающей среде традиционно применяются мохообразные, а наиболее эффективным биомонитором среди наземных мхов признан *Sphagnum* [2].

Исследования проводились на верховых болотах, расположенных на ЗападноСибирской равнине, в междуречье рек Бакчар и Икса. Растительность на всех объектах исследования до пожара представляла собой сосново-кустарничково-сфагновый фитоценоз. На участке болота в 2016 г. произошёл пожар, в процессе которого

полностью погиб древесный ярус, от которого остались обгорелые стволы и ветви, сильно пострадали кустарнички и мхи, в мочажинах частично выгорел верхний слой торфа. Точки отбора проб выбраны на двух выгоревших участках и на двух участках, непосредственно примыкающих к постпирогенным. Кроме того, выбран условно фоновый участок болота, расположенный на расстоянии около 10 км от места пожара. Отбор образцов *Sphagnum fuscum* производили с 2017 г. по 2023 г., в июле. На всех пяти участках, на верхушках кочек отбирались головки мха с приростом текущего года в десяти повторностях. Отобранные образцы анализировали методом масс-спектрометрии на содержание элементов Pb, Cd, Zn и Cu (рисунок 1). Статистическая обработка результатов проводилась непараметрическими методами, различия между выборками оценивались при помощи критериев Манна-Уитни и Краскала-Уоллеса. Значимость трендов определялась величиной достоверности аппроксимации (при $p < 0,005$).

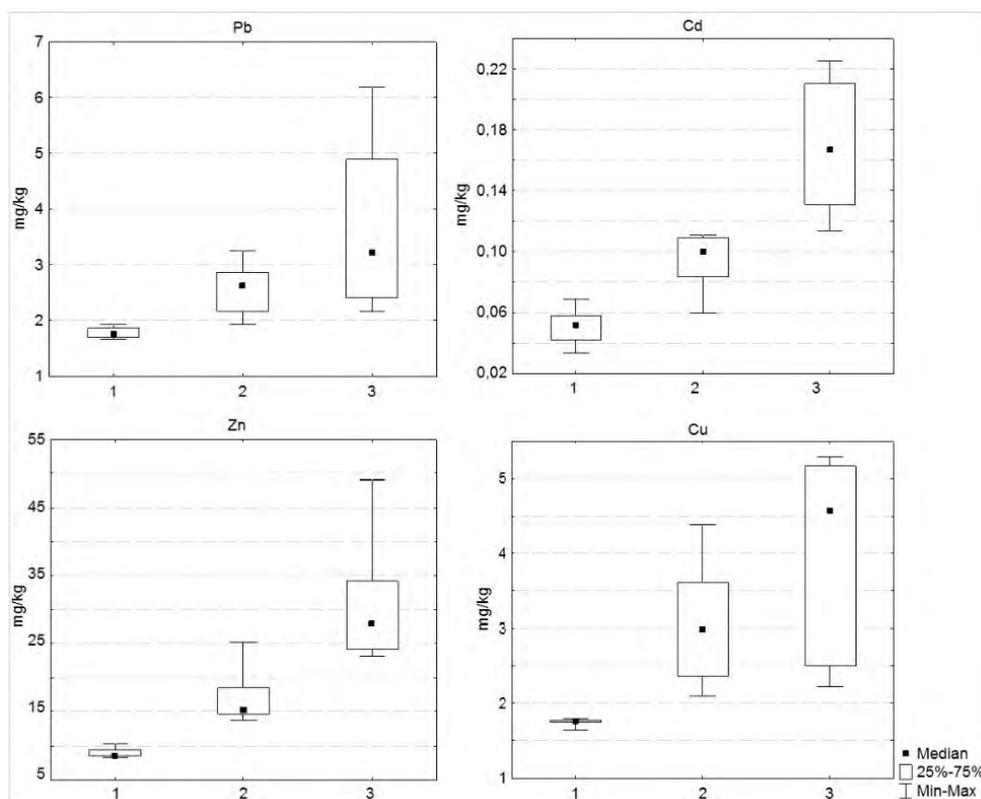


Рисунок 1 – Сравнение содержания элементов в *Sphagnum fuscum* на участках разной степени нарушенности: 1 – фоновый участок; 2 – участки рядом с пожаром; 3 – постпирогенные участки

Полученные нами результаты показывают, что содержание Pb, Cd, Zn и Cu в *Sphagnum fuscum* значительно меньше на фоновых участках, как по сравнению с постпирогенными ($Z=2,85$; $p=0,004$), так и с участками, расположенными рядом с выгоревшими ($Z=2,71$; $p=0,007$). Однако, если сравнивать постпирогенные и расположенные рядом с ними участки, то различия между ними значимы только для элементов Zn ($Z=2,99$; $p=0,003$) и Cd ($Z=3,3$; $p=0,0009$) (см. рисунок 1).

Рассматривая полученные нами данные по изменению содержания элементов на постпирогенных участках на протяжении нескольких лет после пожара мы не

обнаружили значимого изменения концентрации элементов со временем. Однако, тренды содержания элементов Pb, Cd и Zn ($p<0,005$) показывают тенденцию снижения, и только тренд содержания Cu, не изменяется со временем (рисунок 2).

На участках, соседних с постпирогенными, не отмечено значимого изменения содержания элементов за 7 лет после пожара. Направления трендов сохраняются, хотя величина достоверности аппроксимации снижается (рисунок 3). Наибольшая величина достоверности соответствует снижению концентрации Pb ($p<0,05$), для остальных элементов достоверность аппроксимации очень низкая.

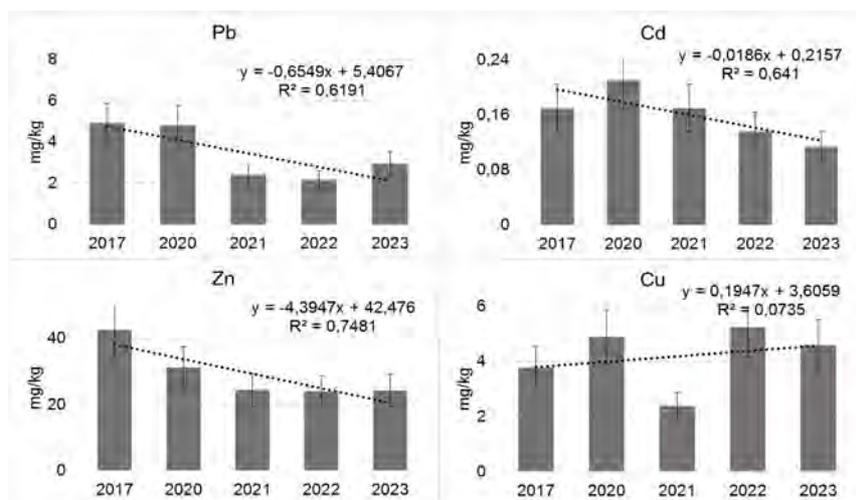


Рисунок 2 – Тренды изменения содержания элементов в *Sphagnum fuscum* по годам на постпирогенных участках

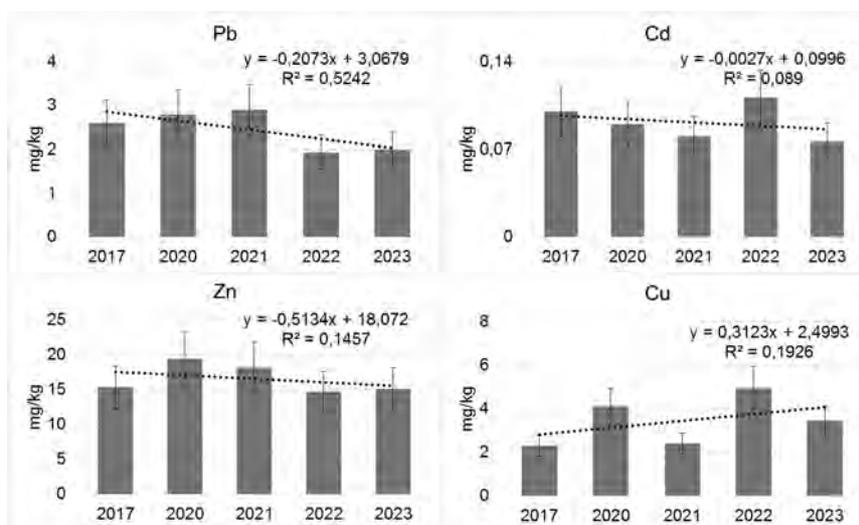


Рисунок 3 – Тренды изменения содержания элементов в *Sphagnum fuscum* по годам на участках, соседних с постпирогенными

Отсутствие достоверных различий содержания элементов Pb и Cu на постпирогенных и соседних с ними участках можно объяснить сменой комплекса условий на болоте после пожара. Дело в том, что в анаэробных и кислых условиях верхового болота большая часть Pb и Cu находится в виде органических или нерастворимых солей [3]. В процессе воздействия пирогенного фактора и последующих изменений условий на болоте устойчивые комплексы, содержащие данные элементы, могут разрушаться, элементы становятся более подвижными и активно перемещаются. Поэтому разница концентрации в *Sphagnum fuscum* на постпирогенных и

соседних с ними участках для Pb и Cu не так велика, как для Cd и Zn. Кроме того, незначительное изменение содержания элементов в первые годы после пожара объясняется сохранением на постпирогенных участках большого количества обугленных растительных остатков, которые постепенно отслаиваются, опадают и переносятся ветром. Например, частички коры стволов и ветвей сосен содержат большие концентрации Cu и Zn [5], и могут служить источником микроэлементов.

Таким образом, анализ полученных нами данных по содержанию элементов в *Sphagnum fuscum* позволил сделать следующие выводы:

1. Спустя семь лет после пожара на верховом болоте сохраняется повышенный, по сравнению с фоновым участком, уровень содержания Pb, Cd, Zn и Cu;
2. На постпирогенных участках с 2017 г. по 2023 г. наблюдается тренд понижения содержания Pb, Cd и Zn.

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

Список литературы

1. Betha R., Pradani M., Lestari P. et al. Chemical speciation of trace metals emitted from Indonesian peat fires for health risk assessment, *Atmospheric Research*. 122, 2013. P. 571–578, <https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2012.05.024>.
2. García-Seoane R., Antelo J., Fiol S. et al. Unravelling the metal uptake process in mosses: Comparison of aquatic and terrestrial species as air pollution biomonitors, *Environmental Pollution*. 333, 2023. P. 122069, <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2023.122069>.
3. Magiera T., Szuszkiewicz M.M., Michczyński A. et al. Peat bogs as archives of local ore mining and smelting activities over the centuries: A case study of Miasteczko Śląskie (Upper Silesia, Poland), *Catena*. 198, 2021. P. 105063, <https://doi.org/10.1016/j.catena.2020.105063>.
4. Sinyutkina A. Drainage consequences and self-restoration of drained raised bogs in the south-eastern part of Western Siberia: Peat accumulation and vegetation dynamics, *Catena*. 205, 2021. P. 105464, <https://doi.org/10.1016/j.catena.2021.105464>.
5. Храменкова О.М., Дроздов Д.Н. Минеральный состав коры сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) различных типов леса, *Бюллетень науки и практики*. 9(10), 2016. С. 31–35, <https://doi.org/10.5281/zenodo.154207>.

РАЗНООБРАЗИЕ ТИПОВ БОЛОТ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Д.Г. Груммо, Н.А. Зеленкевич, Р.В. Цвирко,
С.Г. Русецкий, Д.Ю. Жилинский, Е.В. Мойсейчик

Институт экспериментальной ботаники НАН Беларуси, Минск, Беларусь, zm.hrumo@gmail.com

Приводятся данные о площади болот в Республике Беларусь, представлена карта растительности болот Беларуси и легенда.

Общая площадь торфяных болот в Беларуси до осушения составляла 2939 тыс. га (14% от территории страны). К настоящему времени в естественном или близком к естественному состоянию сохранилось 863 тыс. га болот (29,3% от первоначальной площади естественных болот), из которых 630 тыс. га находятся в границах особо охраняемых природных территорий, около 313 тыс. га болот соответствуют критериям выделения типичных и редких биотопов и нуждаются в

установлении режима специальной охраны. Международный статус охраны имеют 314 тыс. га болот.

В Схему рационального использования и охраны торфяных ресурсов Республики Беларусь на период до 2010 года, утвержденную постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 25 ноября 1991 г. № 440 (Собрание постановлений Правительства Республики Беларусь, 1991 г., № 33, ст. 404), включены 2397 тыс. га исследованных торфяников.

Типологическое разнообразие болот Беларуси следующее (рисунок).

1. Верховые болота

1.1 Кустарничково-сфагновые (*Sphagnum fuscum*, *Chamaedaphne calyculata*, *Calluna vulgaris*) со вторичными озерами и сфагновыми мочажинами (*Sphagnum cuspidatum*, *Sph. balticum*, *Sph. majus*, *Scheuchzeria palustris*, *Rhynchospora alba*, *Carex limosa*)

1.2 Сосново-кустарничково-сфагновые (*Sphagnum divinum*, *Calluna vulgaris*, *Pinus sylvestris* f. *litwinowii*) со сфагновыми мочажинами (*Sphagnum balticum*, *Sph. cuspidatum*, *Eriophorum vaginatum*, *Rhynchospora alba*, *Scheuchzeria palustris*)

1.3 Сосновые (*Pinus sylvestris* f. *litwinowii* и f. *uliginosa*) пушицево-кустарничково-сфагновые (*Sphagnum angustifolium*, *Sph. divinum*, *Ledum palustris*, *Eriophorum vaginatum*)

2. Переходные болота

2.1 Осоково-пушицево-травяно-сфагновые (*Carex lasiocarpa*, *C. rostrata*, *Eriophorum vaginatum*, *E. polystachyon*, *Sphagnum fallax*, *Sph. angustifolium*, *Sph. obtusum*, *Sph. papillosum*) мезоолиготрофные и мезотрофные

2.2 Осоково-травяные (*Carex lasiocarpa*, *C. flava*, *C. rostrata*, *C. dioica*, *Menyanthes trifoliata*, *Baeothryon alpinum*, *Eriactis palustris*) с мезоевтрофными видами сфагнов (*Sphagnum warnstorffii*, *Sph. teres*, *Sph. squarrosum*)

2.3 Березово-сосновые и березовые (*Pinus sylvestris*, *Betula pubescens*) кустарничково-осоково-сфагновые (*Carex lasiocarpa*, *C. rostrata*, *Oxycoccus palustris*, *Eriophorum vaginatum*, *Sphagnum angustifolium*, *Sph. fallax*, *Sph. centrale*, *Sph. flexuosum*, *Sph. divinum*) олигомезотрофные

3. Низинные болота

3.1 Сосновые и березово-сосновые осоково-травяно-сфагновые (*Calamagrostis canescens*, *Carex appropinquata*, *C. lasiocarpa*, *C. chordorrhiza*, *Comarum palustre*, *Equisetum fluviatile*, *Menyanthes trifoliata*, *Thelypteris palustris*, *Sphagnum warnstorffii*, *Sph. teres*, *Sph. fallax*, *Sph. girgensohnii*)

3.2 Осоковые и осоково-гибиновые (*Carex lasiocarpa*, *C. rostrata*, *C. diandra*, *C. panicea*, *Equisetum fluviatile*, *Peucedanum palustre*, виды рода *Drepanocladus*) иногда с участием сфагнов (*Sphagnum contortum*, *Sph. subsecundum*, *Sph. teres*, *Sph. warnstorffii*) мезоевтрофные

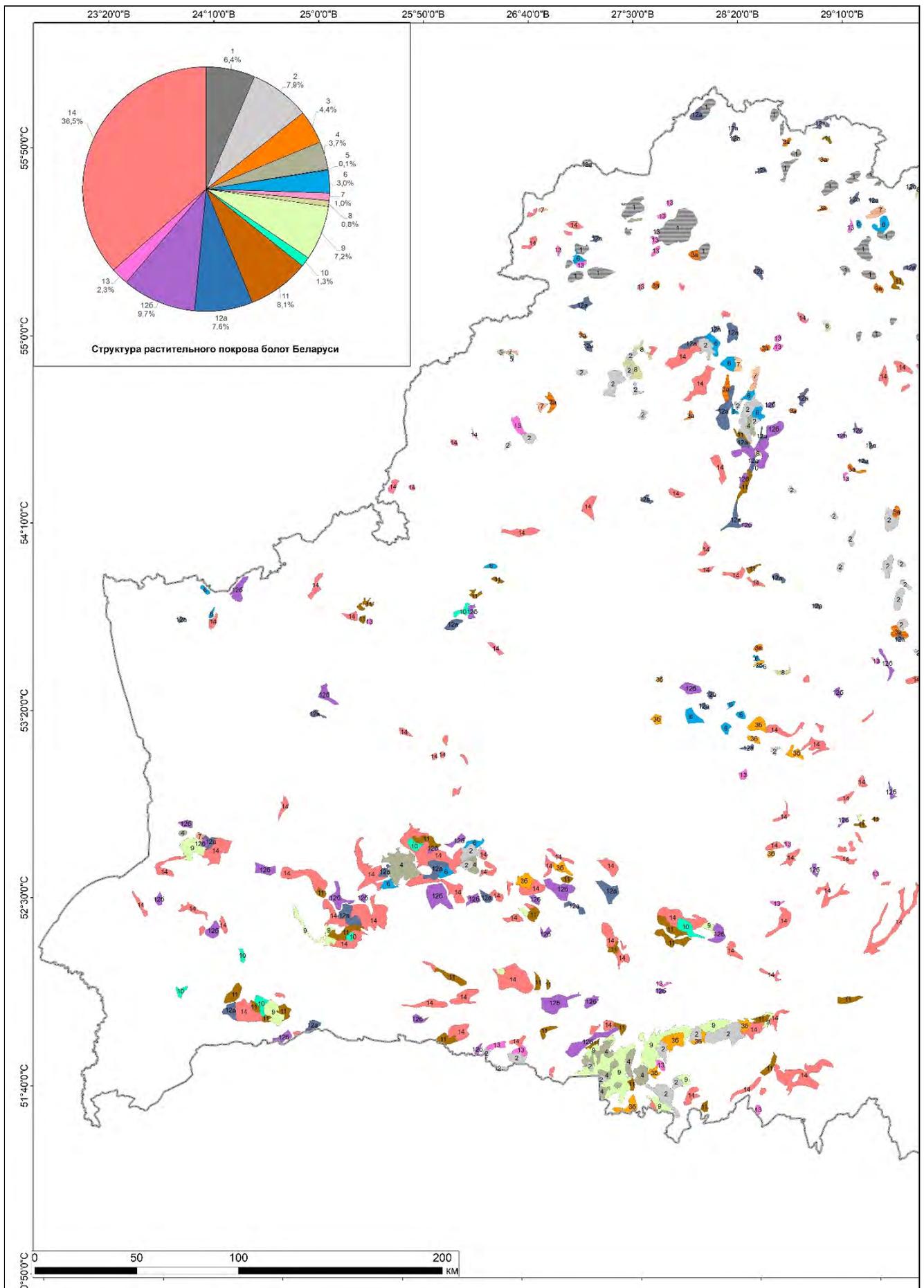


Рисунок – Карта растительности



Легенда

Северозападноевропейские сфагновые верховые болота

Сфагновые со *Sphagnum fuscum* и *Calluna vulgaris* южнотаежные

1. Кустарничково-сфагновые (*Sphagnum fuscum*, *Chamaedaphne calyculata*, *Calluna vulgaris*) со вторичными озерами и сфагновыми мочажинами (*Sphagnum cuspidatum*, *Sph. balticum*, *Sph. majus*, *Scheuchzeria palustris*, *Rhynchospora alba*, *Carex limosa*) в центре и на склонах, с периферийным рядом мезотрофных и мезоевтрофных ассоциаций

Восточноевропейские сфагновые верховые болота

Сфагновые со *Sphagnum divinum* южнотаежные и подтаежные

2. Сосново-кустарничково-сфагновые (*Sphagnum divinum*, *Calluna vulgaris*, *Pinus sylvestris* f. *litwinowii*) со сфагновыми мочажинами (*Sphagnum balticum*, *Sph. cuspidatum*, *Eriophorum vaginatum*, *Rhynchospora alba*, *Scheuchzeria palustris*) с периферийным рядом мезотрофных и евтрофных ассоциаций

3. Сосновые (*Pinus sylvestris* f. *litwinowii* и f. *uliginosa*) пушицево-кустарничково-сфагновые (*Sphagnum angustifolium*, *Sph. divinum*, *Ledum palustre*, *Eriophorum vaginatum*)

- 3а южнотаежные с *Chamaedaphne calyculata*, *Empetrum nigrum*, *Оxycoccus microcarpus*, *Sphagnum fuscum*

- 3б подтаежные с *Calluna vulgaris*, *Sphagnum fallax*

Восточноевропейские сфагновые переходные болота

4. Осоково-пушицево-травяно-сфагновые (*Carex lasiocarpa*, *C. rostrata*, *Eriophorum vaginatum*, *E. polystachyon*, *Sphagnum fallax*, *Sph. angustifolium*, *Sph. obtusum*, *Sph. papillosum*) обычно в комплексе с редкими кустарничково-сфагновыми (*Andromeda polifolia*, *Оxycoccus palustris*, *Sphagnum divinum*, *Sph. angustifolium*) мезоолиготрофные и мезотрофные

5. Осоково-травяно-сфагновые (*Carex lasiocarpa*, *C. flava*, *C. rostrata*, *C. dioica*, *Menyanthes trifoliata*, *Baeothryon alpinum*, *Eriopactis palustris*) с большим участием мезоевтрофных видов сфагново (*Sphagnum warnstorffii*, *Sph. teres*, *Sph. squarrosum*)

6. Березово-сосновые и березовые (*Pinus sylvestris*, *Betula pubescens*) кустарничково-осоково-сфагновые (*Carex lasiocarpa*, *C. rostrata*, *Оxycoccus palustris*, *Eriophorum vaginatum*, *Sphagnum angustifolium*, *Sph. fallax*, *Sph. centrale*, *Sph. flexuosum*, *Sph. divinum*) олигомезотрофные

7. Сосновые и березово-сосновые осоково-травяные (*Carex appropinquata*, *Comarum palustre*, *Equisetum fluviatile*, *Menyanthes trifoliata*, *Thelypteris palustris*) со значительным участием мезоевтрофных сфагново (*Sphagnum warnstorffii*, *Sph. teres*)

Травяные и травяно-гипновые болота

Восточноевропейские травяные и травяно-гипновые болота

8. Осоковые и осоково-гипновые (*Carex lasiocarpa*, *C. rostrata*, *C. diandra*, *C. panicea*, *C. limosa*, *Equisetum fluviatile*, *Peucedanum palustre*, виды рода *Drepanocladus*) иногда с участием сфагново (*Sphagnum contortum*, *Sph. subsecundum*, *Sph. teres*, *Sph. warnstorffii*) мезоевтрофные

9. Злаково-осоковые и осоково-гипновые (*Carex acuta*, *C. lasiocarpa*, *C. rostrata*, *C. diandra*, *C. elata*, *C. limosa*, *Calamagrostis neglecta*, *C. canescens*, *Calliergonella cuspidata*, *Calliergon giganteum*, *Drepanocladus aduncus*, *D. verticosus*) евтрофные

10. Влажно-высокотравные (*Phragmites australis*, *Typha latifolia*, *Carex pseudocyperus*, *Cicuta virosa*, *Scirpus sylvaticus*, *Acorus calamus*, *Iris pseudacorus*) евтрофные

Восточноевропейские кустарничковые и лесные болота

11. Ивняки (*Salix aurita*, *S. cinerea*, *S. pentandra*, *S. rosmarinifolia*) мезоевтрофные

12. Березовые и березово-черноольховые (*Betula pubescens*, *Аinus glutinosa*) гидрофильнотравяно-осоковые (*Carex acutiformis*, *C. elongata*, *C. pseudocyperus*, *C. vesicaria*, *Equisetum fluviatile*, *Iris pseudacorus*, *Calla palustris*, *Lycopus europaeus*, *Naumburgia thyrsoiflora*, *Thelypteris palustris*)

- 12а с преобладанием *Betula pubescens*

- 12б с преобладанием *Аinus glutinosa*

Нарушенные торфяники

13. Нарушенные торфяники верховые

14. Нарушенные торфяники переходные и низинные

болот Беларуси (М 1:600 000)

3.3 Злаково-осоковые и осоково-гишновые (*Carex acuta*, *C. lasiocarpa*, *C. rostrata*, *C. diandra*, *C. elata*, *C. limosa*, *Calamagrostis neglecta*, *C. canescens*, *Calliergonella cuspidata*, *Calliergon giganteum*, *Drepanocladus aduncus*, *D. vernicosus*) евтрофные

3.4 Влажно-высокотравные (*Phragmites australis*, *Typha latifolia*, *Carex pseudocyperus*, *Cicuta virosa*, *Scirpus sylvaticus*, *Acorus calamus*, *Iris pseudacorus*) евтрофные

3.5 Ивняки (*Salix aurita*, *S. cinerea*, *S. pentandra*) мезоевтрофные

3.6 Березовые и березово-черноольховые (*Betula pubescens*, *Alnus glutinosa*) гигрофильнотравяно-осоковые (*Carex acutiformis*, *C. elongata*, *C. pseudocyperus*, *C. vesicaria*, *Equisetum fluviatile*, *Iris pseudacorus*, *Calla palustris*, *Lycopus europaeus*, *Naumburgia thyrsoiflora*, *Thelypteris palustris*) мезоевтрофные и евтрофные

На основе анализа составленной среднемасштабной карты растительности болот Беларуси, установлено, что в структуре торфяного фонда доля нарушенных торфяников составляет 38,8%. Среди естественных болот доминируют сфагновые верховые болота (18,7%); в т.ч. SPHAGNUM FUSCUM-болота – 6,4%, SPHAGNUM DIVINUM-болота – 7,9% (открытые); открытые травяные

болота – 9,3%, лесные травяные болота – 17,3%. Лесные верховые болота занимают 4,4% от общей площади торфяного фонда, кустарниковые (ивняки) – 8,1%. Фрагментарно встречаются переходные болота: осоково-кустарничково-сфагновые – 3,8%, лесные кустарничково-осоково-сфагновые – 3,0%.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ И ПРАКТИКА ПРИМЕНЕНИЯ ФИТОИНДИКАЦИОННОГО КАРТОГРАФИРОВАНИЯ ПРИ МОНИТОРИНГЕ БОЛОТНЫХ ЭКОСИСТЕМ

Д.Г. Груммо¹, Н.А. Зеленкевич¹, Р.В. Цвирко¹,
Д.Ю. Жилинский¹, Е.В. Мойсейчик¹, О.В. Созинов²

¹Институт экспериментальной ботаники НАН Беларуси, Минск, Беларусь, zm.hrumo@gmail.com

²Гродненский государственный университет имени Янки Купалы, Гродно, Беларусь, o.sozinov@grsu.by

Изучена возможность применения фитоиндикационного подхода для картографического изучения экологических параметров окружающей среды. Исследования проводили на 6 модельных территориях Беларуси и России. В качестве исходных данных использованы крупномасштабные карты растительности, геоботанические описания, результаты инструментальных (рН, уровни стояния и электропроводность вод, физико-химические свойства торфа) и фитоиндикационных экологических наблюдений. Для фитометрических измерений применяли стандартные экологические шкалы Х. Элленберга, на основе которых рассчитывали индексы, характеризующие режим освещенности (mL), увлажнения (mF), кислотности субстрата (mR) и богатство почв азотом (mN). Фитоиндикационное картографирование проводили на основе рассчитанных индексов. Показано, что применение стандартных шкал Х. Элленберга в условиях нашего региона вполне адекватно отражает экологические режимы природных экосистем.

В процессе решения многих научных и хозяйственных вопросов возникает необходимость определения экологических условий, что нередко осуществляется методом фитоиндикации [1, 2]. Преимущество фитоиндикации над трудоемкими и сложными аналитическими методами состоит в дешевом и быстром получении информации о среде путем сравнительно простого анализа признаков растительности [1, 3–9].

Фитоиндикационные (фитометрические) измерения могут быть широко использованы для составления специальных карт для оперативной пространственной оценки состояния и изменения окружающей среды. На наш взгляд потенциал такого направления тематического картографирования огромный, однако существует ряд проблем методологического характера, которые мы пытались решить в рамках настоящей публикации. Основные задачи исследований были: 1) выполнить комплекс сравнительных фитоиндикационных и инструментальных измерений базовых экологических параметров и дать оценку достоверности применяемых экологических шкал для болотных местообитаний Бе-

ларуси; 2) разработать методику картографирования на основе фитометрических измерений; 3) составить для объектов исследования фитоиндикационные карты и определить возможности их использования в практике мониторинга природных экосистем.

Исследования проведены в 2010–2022 гг. в пределах ряда водно-болотных угодий: республиканский заказник (РЗ) «Жада» (Миорский и Шарковщинский р-ны Витебской обл.), РЗ «Докудовский» (Лидский р-н Гродненской обл.), лесоболотный комплекс «Дикое» (национальный парк (НП) «Беловежская пуща», Пружанский р-н Брестской обл., Свислочский р-н Гродненской обл.), болото Юховичский Мох (РЗ «Красный бор», Россонский р-н Витебской обл.), болота Березинского биосферного заповедника (ББЗ) (Лепельский, Докшицкий районы Витебской обл. Беларуси), болота НП «Смоленское Поозерье» (Демидовский, Духовщинский р-ны Смоленской обл. Российской Федерации).

Для каждого объекта исследований были составлены крупномасштабные геоботанические карты (М 1: 25 000–1: 100 000). При их подготовке были ис-

пользованы результаты наземных исследований, и материалы разновременной аэрокосмической информации. При картографировании растительности использована авторская методика [13, 14, 20]. На каждой модельной территории было выполнено от 64 до 343 полных геоботанических описаний в зависимости от площади объекта исследования, типологического разнообразия растительного покрова и сложности ландшафтной структуры.

Для определения экологических характеристик непосредственно при проведении полевых исследований, а также в камеральных условиях инструментально измеряли ряд показателей (уровень залегания вод, pH, электропроводность). Для замера уровней стояния воды использовали открытые колодцы или устанавливали смотровые скважины с обсадными трубами. Определение реакции вод (нефильтрованной) производили pH-метром HI-8314, электропроводности (ЕС) – кондуктометром HI-9033 [12]. Изучение физико-химических свойств почв проводили по классическим методикам, применяемым в почвоведении и агрохимии [15]. Всего с измерением базовых экологических параметров (увлажнение, кислотность и богатство субстрата) в исследованиях было выполнено более 200 полных геоботанических описаний.

В наших исследованиях использовали стандартные экологические шкалы Х. Элленберга [10]. Этот выбор связан с тем, что эти шкалы являются наиболее полными и включают экологические характеристики для таких таксономических групп, как мохообразные, лишайники, представители которых являются эдификаторами и доминантами растительных сообществ в нашем регионе.

Для экологической оценки фитоценоза (Y) рассчитывали средневзвешенные балльные показатели (индексы) по формуле:

$$Y = \frac{k_1 X_1 + k_2 X_2 + \dots + k_n X_n}{k_1 + k_2 + \dots + k_n},$$

где $X_1, X_2 \dots X_n$ – значения толерантности каждого вида по данному фактору; n – количество информативных видов, имеющих в описании; k – балл обилия или проективного покрытия вида (1 – до <5%, 2 – от 5 до 15%, 3 – от 16 до 25%, 4 – от 26 до 50%, 5 – более 50%).

Рассчитывали индексы, характеризующие режим освещения (mL), увлажнения (mF), кислотности субстрата (mR) и богатство почв азотом (mN).

Математико-статистическую и картографическую обработку результатов непосредственных измерений проводили с применением стандартных пакетов программ MS EXCEL, GRAPHER, STATISTICA, PC-ORD, ArcGIS, SURFER, MAPVIEWER [16–18 и др.].

Картографирование экологических режимов, установленных на основе инструментальных и фитоиндикационных измерений, осуществляли по 2 направлениям.

1. На основе интерполяционных расчетов. Для этих целей выполнены инструментальные и фитоиндикационные измерения были уложены в систему координат X–Y–Z, а реконструкция непрерывность выполнена с помощью методов интерполяции, оценивающих значения переменной, там, где эти описания производились.

В качестве метода пространственной интерполяции использовали *крикинг*, который обеспечил хороший компромисс между скоростью вычисления и качеством интерполяции [19, 20]. Расчеты проводили с применением стандартного программного пакета ArcGIS 10.5, который позволяет по опытным точкам рассчитывать концентрации в узлах регулярной сетки желаемой густоты. Затем по этой расчетной сетке строили изолинии распределения значений измерений с заданным шагом.

2. На основе геоботанической карты. Составляли актуальную цифровую карту растительности, а также базы данных, содержащие поконтурные фитометрические характеристики экологических режимов. Опорной территориальной единицей для синфитоиндикационной оценки принимался фитоценоз, границы которого совпадали с границами контура растительности на тематической карте.

На первом этапе исследований нами была изучена целесообразность и достоверность применения экологических шкал Х. Элленберга для пространственной оценки распределения экологических параметров окружающей среды в условиях Беларуси. В результате исследований установлено, что стандартные экологические шкалы, демонстрируют довольно высокий уровень взаимосвязи инструментальных измерений экологических параметров местообитаний и данных фитоиндикационной оценки (таблица 1, рисунок 1).

Таблица 1 – Характеристика уровня взаимосвязи инструментальных измерений и фитоиндикационной оценки местообитаний

Вид инструментальных измерений	Фитоиндикационная оценка по шкалам Х. Элленберга, баллы	Коэффициент корреляции с фитоиндикационной оценкой	$t_{факт}$	$t_{та}$	p
«Белорусские» модельные территории (РЗ «Докудовский», РЗ «Жада», болота ББЗ, болото Юховичский Мох)					
Уровень стояния вод в смотровых колодцах в меженный период (n=196)*	mF	0,801	18,64	3,34	<0,01
pH (n=196)	–	0,775	17,28	3,34	<0,01
ЕС, $\mu\text{S}/\text{cm}$ (n=60)	mN	0,619	6,0	3,47	<0,01
ЕС, $\mu\text{S}/\text{cm}$ (n=60)	mR	0,711	7,71	3,47	<0,01
Модельная территория НП «Смоленское Поозерье»					
Уровень стояния вод в смотровых колодцах в меженный период (n=17)	mF	0,822	6,13	3,92	<0,01
pH	mR	0,947	11,44	4,07	<0,01
Примечание. * – Болотные воды (нефильтрованные).					

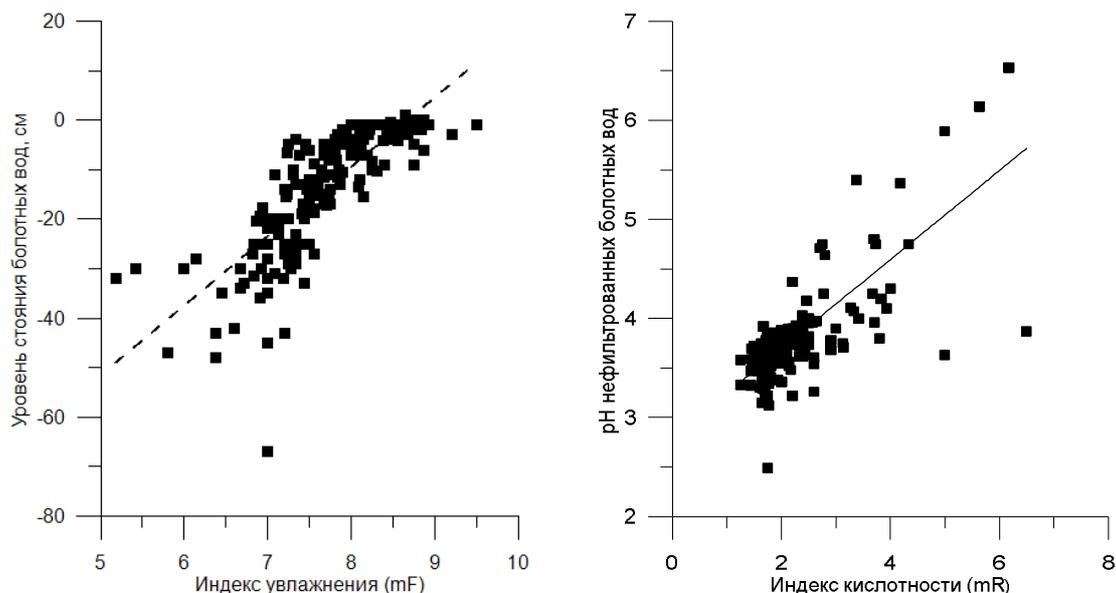


Рисунок 1 – Характеристика связи инструментальных измерений и данных фитоиндикационной оценки режима увлажнения (А) и кислотности (Б) местообитаний для исследованной выборки (модельные территории РЗ «Докудовский», болота Березинского заповедника. РЗ «Жада», болото Юховичский Мох)

В отношении ведущих экологических факторов функционирования растительных сообществ (влажность и кислотность субстрата) коэффициенты парной корреляции инструментальных и фитоиндикационных измерений составили: а) уровень стояния вод (УСВ) в смотровых колодцах и индекс увлажнения – 0,801 ($n=194$; $t_{\text{факт}}=18,64 > t_{\alpha}=3,34$; $p<0,01$); б) pH болотных вод и индекс кислотности субстрата – 0,775 ($n=194$; $t_{\text{факт}}=18,64 > t_{\alpha}=3,34$; $p<0,01$). При этом следует отметить смещение исследованной выборки в сторону влажных (mF) и кислых (mR) условий, что связано с тем, что ядро исследованных модельных территорий составляли верховые (олиготрофные) болота.

Для комплекса модельных болот НП «Смоленское Поозерье» коэффициенты корреляции между инструментальными и фитоиндикационными измерениями составили (см. таблицу 1): а) УСВ – mF=0,822 ($n=20$; $t_{\text{факт}}=6,13 > t_{\alpha}=3,92$; $p<0,01$); б) pH – mR=0,947 ($n=17$; $t_{\text{факт}}=11,44 > t_{\alpha}=4,07$; $p<0,01$). Таким образом результаты исследований показывают, что значения индикаторов Х. Элленберга в условиях Беларуси и западной части России (Смоленская обл.) в значительной степени верно.

Анализ взаимосвязи между физико-химическими свойствами почв и фитоиндикационными значениями выявил статистически достоверную связь с pH почв и индексов кислотности субстрата (mR) – 0,821 ($n=51$; $t_{\text{факт}}=8,74 > t_{\alpha}=3,50$; $p<0,01$) и богатства субстрата (mN) – 0,780 ($n=46$; $t_{\text{факт}}=9,53 > t_{\alpha}=3,53$; $p<0,01$). С остальными показателями взаимосвязь отсутствует или прослеживается только как выраженная тенденция (таблица 2).

Составленные на основе фитоиндикационных и инструментальных измерений карты-схемы имеют до-

вольно высокое сходство. Например, коэффициент парной корреляции для выборки данных извлеченных из таких карт для фитоиндикационных и инструментальных измерений режима кислотности местообитаний модельной территории «Докудовский» составил – 0,935 ($n=75$; $t_{\text{факт}}=22,15 > t_{\alpha}=3,43$; $p<0,01$) (рисунок 2, 3), болот НП «Смоленское Поозерье» – 0,947 ($n=17$; $t_{\text{факт}}=11,44 > t_{\alpha}=4,07$; $p<0,01$) (рисунок 4).

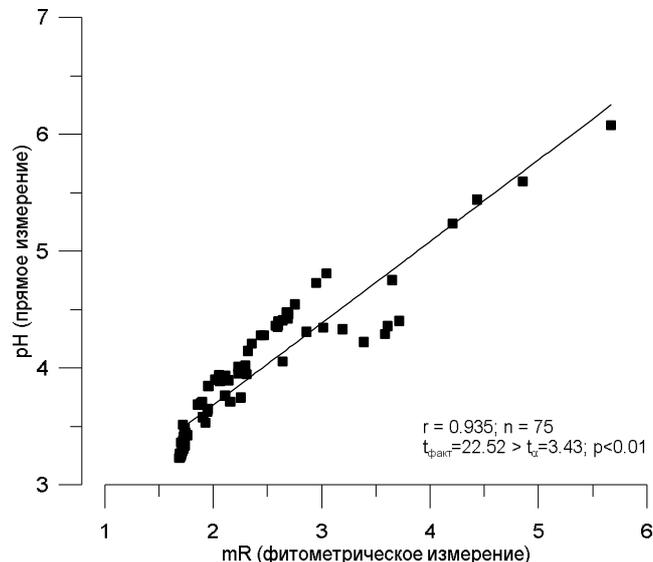


Рисунок 2 – Характеристика связи аналитических данных из карт, построенных на основе инструментальных измерений и данных фитоиндикационной оценки режима кислотности местообитаний модельной территории «Докудовский»

Таблица 2 – Характеристика уровня взаимосвязи инструментальных измерений и фитоиндикационной оценки местообитаний РЗ «Докудовский»

Фитоиндикационная оценка по шкалам Х. Элленберга, баллы	Верхний (0–5 см) слой торфяно-болотных почв				
	влажность, %	зольность, %	pH _{ксл}	гидролитическая кислотность, ммоль/100г	сумма оснований, ммоль/100г
mF	-0,259	.	.	.	.
mR	.	-0,096	0,821	-0,127	0,113
mN	.	-0,217	0,780	-0,298	0,135

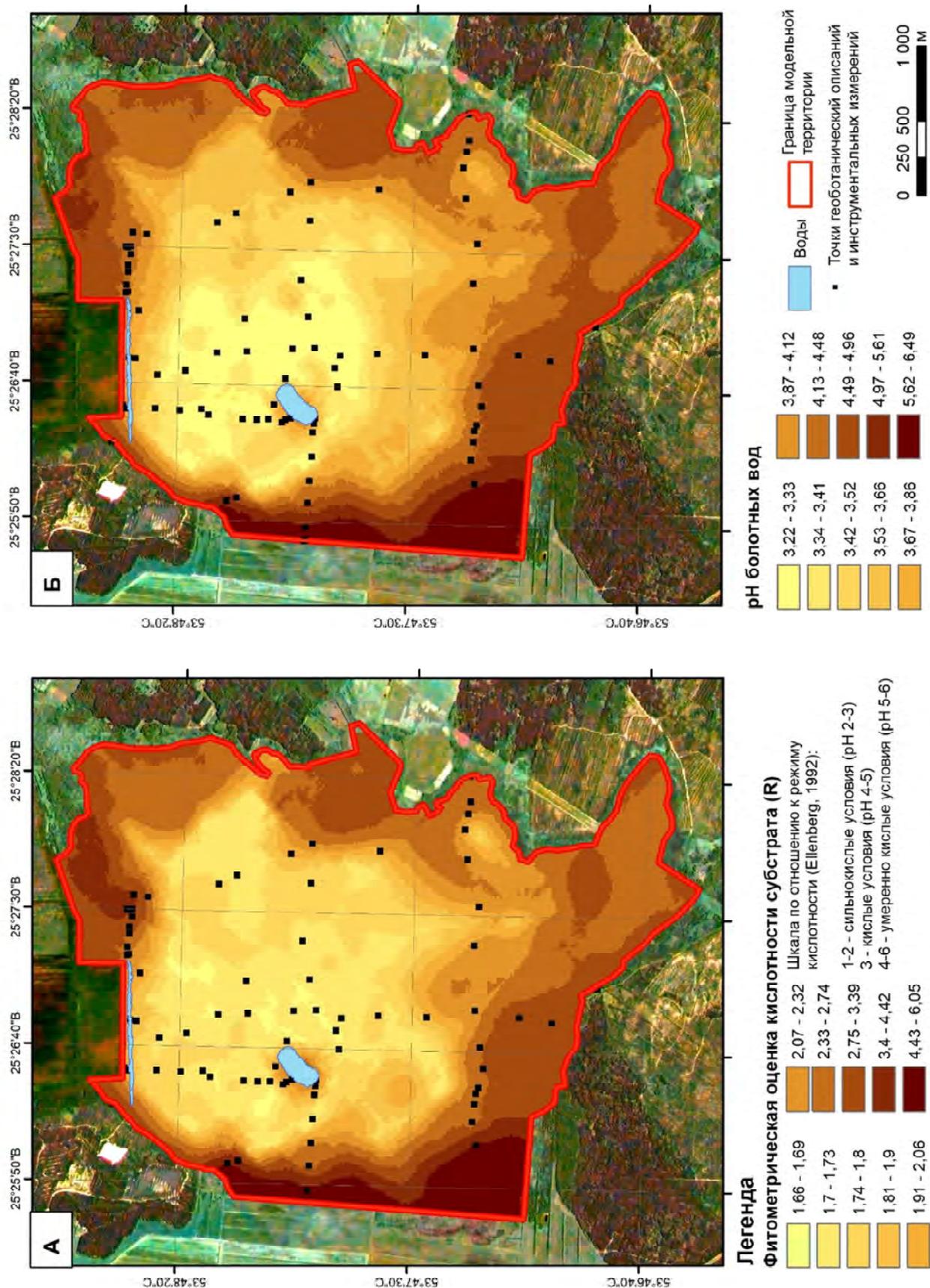


Рисунок 3 – Картограммы оценки кислотности субстрата местообитаний на основе фитоиндикационных и прямых инструментальных измерений

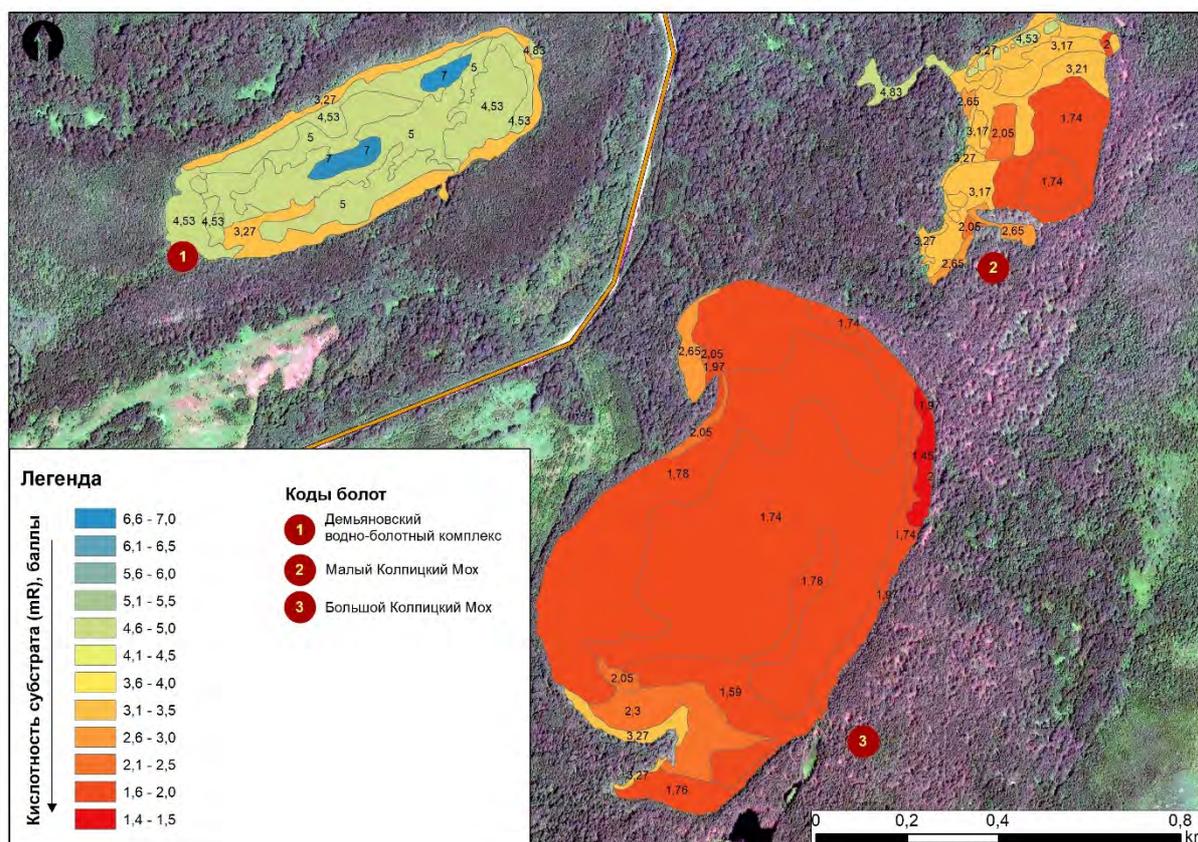


Рисунок 4 – Синфитоиндикационная оценка режима кислотности субстрата ВБК национального парка «Смоленское Поозерье»

Результаты фитоиндикационного картографирования могут быть широко использованы в практике мониторинга экосистем (в т.ч. и ретроспективной) экологических режимов местообитаний, а также реакции элементов биоразнообразия (видов, сообществ, экосистем) на изменение экологических переменных.

В качестве примера приведем взаимосвязь лимитирующего экологического фактора и распространение одного из важнейших индикаторов орнитокомплекса низинных болот – вертлявой камышевки (*Acrocephalus paludicola*) на территории низинного болота «Дикое» (рисунки 5–7).

Водно-болотный комплекс (ВБК) «Дикое» (в составе НП «Беловежская пуща») является местом обитания одной из крупных в Беларуси популяций вертлявой камышевки. В 2019 г., согласно проведенным абсолютным учетам, здесь обитало 118 самцов вертлявой камышевки. На территории водно-болотного угодья численность этого вида имеет тенденцию к снижению в последние 15 лет. Кроме того, в последние 3–4 года численность поющих самцов в период второй кладки (июль) сокращается в 2–3 раза по сравнению с первой (май-июнь) в течении одного сезона размножения.

Основной причиной такого снижения является постепенное зарастание низинного болота древесно-кустарниковой растительностью (см. рисунок 5). В течение последних десятилетий в результате нарушения гидрологического режима, изменения характера землепользования (прежде всего прекращение сенокоса), а также естественных природных процессов на территории ВБК «Дикое» площадь открытых (нелесных) участков болот сократилась на 9305,9 га: с 14116,5 га (60,9%

от площади водно-болотного угодья) в 1949 г. до 4810,6 га (20,8%) в 2018 г., при этом наиболее существенные процессы трансформации болотных местообитаний наблюдались в последние три десятилетия [11].

Фитоиндикация экологических режимов местообитаний вертлявой камышевки показала, что они имеют крайне узкий диапазон по режиму освещения ($mL = 6,8–7,5$ баллов с максимальной концентрацией при $mL = 7,4–7,5$) (см. рисунок 7). Поющие самцы вертлявой камышевки зафиксированы в стабильных (не зарастающих древесно-кустарниковой растительностью) и наиболее освещенных (>40%) участках осокового низинного болота (см. рисунок 5). В границах болота такие биотопы имеют крайне ограниченное распространения и в целом режим освещения водно-болотного угодья «Болото Дикое» в настоящее время не обеспечивает необходимые требования к данному фактору индикаторного вида (см. рисунок 6).

Результаты исследований позволяют сделать следующие выводы.

1. Фитоиндикация с использованием стандартных экологических шкал предлагает менее затратную по времени и более дешевую альтернативу прямому измерению локальных переменных окружающей среды.

2. Применение стандартных экошкал Х. Элленберга в условиях нашего региона вполне адекватно отражает экологические режимы природных экосистем. Это подтверждается как сравнением фитоиндикационных и инструментальных измерений экологических характеристик, так и сопоставлением картосхем, отражающих пространственные вариации параметров окружающей среды.

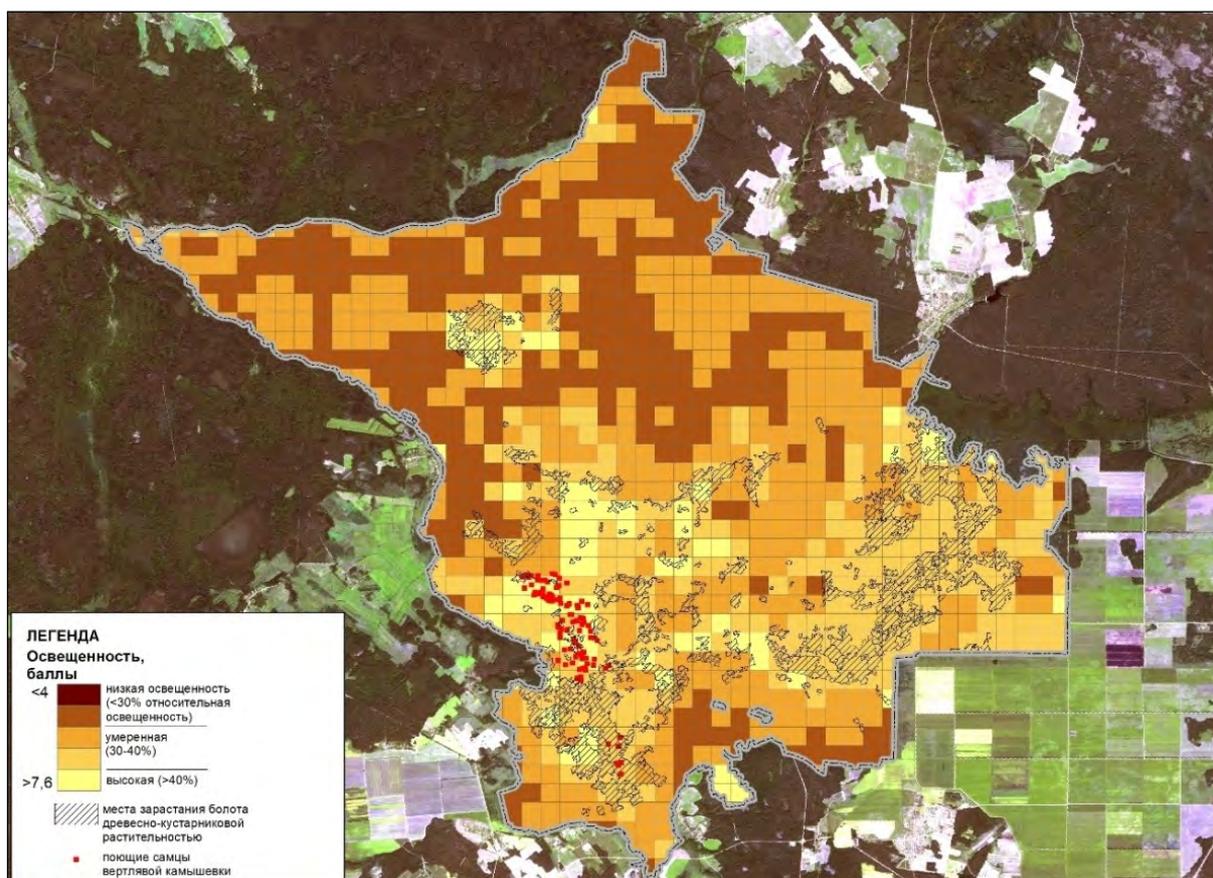
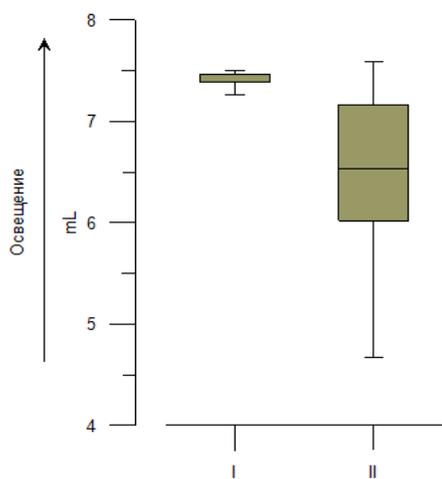


Рисунок 5 – Режим освещения местообитаний и пространственное распределение поющих самцов вертяльвой камышевки (*Acrocephalus paludicola*) в границах Рамсарской территории «Болото Дикое» (2016 г.)



I – места обитания обнаруженных поющих самцов вертяльвой камышевки (*Acrocephalus paludicola*) на болоте Дикое
II – местообитания болота Дикое в целом

Рисунок 6 – Фитоиндикационные оценки режима освещения местообитаний ВБК «Дикое»

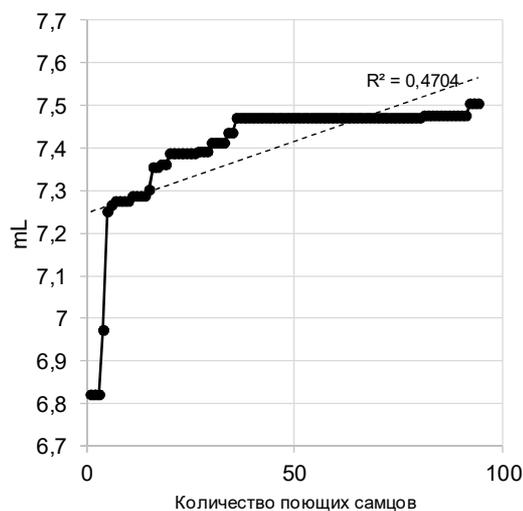


Рисунок 7 – Фитоиндикационные оценки режима освещения местообитаний ВБК «Дикое», где обнаружены поющие самцы вертяльвой камышевки (*Acrocephalus paludicola*)

3. Использование картографического метода является мощным инструментом изучения сложных фито-систем, в функционировании которых, кроме факторов биологической природы, значительную роль играют факторы среды. Картографирование экологических режимов, на основе инструментальных и фитоиндикационных измерений, в наших исследованиях осуществляли по 2 направлениям: на основе интерполяционных расчетов (в качестве метода пространственной интерполяции использовали крикинг); и на основе геобота-

нической карты. Как показали результаты исследований оба эти метода перспективны в использовании при отображении переменных окружающей среды.

4. Результаты фитоиндикационного картографирования могут быть широко использованы в практике мониторинга экосистем (в т.ч. и ретроспективной) экологических режимов местообитаний, а также реакции элементов биоразнообразия (видов, сообществ, экосистем) на изменение экологических переменных.

Список литературы

1. Дідух, Я. П. Основи біоіндикації / Я. П. Дідух. – Київ: Наукова думка, 2012. – 344 с.
2. Бузук, Г. Н. Фитоиндикация с применением экологических шкал и регрессионного анализа / Г. Н. Бузук // Вестник фармации. – 2017. – № 1 (75). – С. 35–40.
3. Englisch, T. Zeigerwertsysteme in der Vegetationsanalyse – Anwendbarkeit, Nutzen und Probleme in Österreich / T. Englisch, G. Karrer. – Berichte der Reinhold-Tüxen-Gesellschaft. – N. 13, 2001. – S. 83–102.
4. Diekmann, M. Species indicator values as an important tool in applied plant ecology – a review / M. Diekmann, // Basic and Applied Ecology. – N 4, 2003. – P. 493–506. <https://doi.org/10.1078/1439-1791-00185>.
5. Zelený, D. Too good to be true: pitfalls of using mean Ellenberg indicator values in vegetation analyses / D. Zelený, A. P. Schaffers // Journal of Vegetation Science. – N 23, 2012. – P. 419–431. <https://doi.org/10.1111/j.1654-1103.2011.01366.x>.
6. Marcenò, C. A test on Ellenberg indicator values in the Mediterranean evergreen woods (*Quercetia ilicis*) / C. Marcenò, R. Guarino // Rendiconti Lincei. – N 26, 2015. – P. 345–356. <https://doi.org/10.1007/s12210-015-0448-8>.
7. Smart, S. M. Ecological assessment of vegetation from a nature reserve using regional reference data and indicator scores / S. M. Smart // Biodiversity and Conservation. – N 9, 2000. – P. 811–832. <https://doi.org/10.1023/A:1008948602316>.
8. Раменский, Л. Г. Экологическая оценка кормовых угодий по растительному покрову / Л. Г. Раменский [и др.]. – М.: Сельхозгиз, 1956. – 472 с.
9. Zolyomi, B. Einreihung von 1400 Arten der ungarischen Flora in ökologische Gruppen nach TWR-Zahlen / B. Zolyomi [et al.] // Fragm. Musei Hist. – Natur. Hung. – 4, fasc. 1–4, 1966. – S. 101–142.
10. Ellenberg, H. Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa / H. Ellenberg [et al.] // Scr. geobot. – N 18, 1992. – S. 1–258.
11. Рамсарские территории Беларуси: «Болото Дикое» / Д. Г. Груммо [и др.]; под ред. Д. Г. Груммо. – Минск: Колорград, 2020. – 260 с.
12. Груммо, Д. Г. Экологическая характеристика растительности сфагновых болот Беларуси / Д. Г. Груммо // Ботаника: исследование. – Вып. 41, 2012. – С. 178–200.
13. Растительность и биотопы национального парка «Нарочанский» с картой наземной растительности (М 1: 60 000) и картой биотопов (М 1: 60 000). / Д. Г. Груммо [и др.]; под науч. ред. А. В. Пугачевского. – Минск, 2017. – 82 с.
14. Груммо, Д. Г. Карта растительности национального парка «Беловежская пуща»: опыт создания и практического использования / Д. Г. Груммо [и др.] // Геоботаническое картографирование. – 2019. – С. 18–38.
15. Аринушкина, Е. В. Руководство по химическому анализу почв : Учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по специальности «Агрохимия и почвоведение» / Е. В. Аринушкина. – 2-е изд., перераб. и доп. – М: Изд-во Моск. ун-та, 1970. – 487 с.
16. Василевич, В. И. Статистические методы в геоботанике / В. И. Василевич. – Л.: Наука, Ленингр. отд-ние, 1969. – 232 с.
17. Зайцев, Г. Н. Математическая статистика в экспериментальной ботанике / Г. Н. Зайцев. – М: Наука, 1984. – 424 с.
18. Халафян, А. А. Статистический анализ данных Statistica 6.0: учебное пособие / А. А. Халафян. – Краснодар: КубГУ, 2005. – 307 с.
19. Мыслыва, Т. Н. Эффективность методов интерполяции на основе ГИС для оценки пространственного распределения рН в почве / Т. Н. Мыслыва, О. А. Куцаева, Ю. А. Белявский // Вестник Харьковского национального аграрного университета. Серия: Почвоведение, агрохимия, земледелие, лесное хозяйство, экология почв. – № 2. – 2017. – С. 293–302.
20. Наземные и дистанционные методы оценки состояния экосистем особо охраняемых природных территорий / Д. Г. Груммо [и др.]; под общ. ред. Д. Г. Груммо, А. В. Судника. – Минск: Беларуская навука, 2023. – 351 с.

ДИНАМИКА БОЛОТНЫХ ЭКОСИСТЕМ В ГЛЯЦИОПЛЕЙСТОЦЕНЕ И ГОЛОЦЕНЕ НА ТЕРРИТОРИИ БЕЛАРУСИ

Я.К. Еловичева, Н.М. Писарчук

Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь, yelovicheva@yandex.ru, pisarchukova@yandex.ru

Палинологическое изучение отложений гляциоплейстоцена и голоцена Беларуси позволило воспроизвести особенности и условия накопления слоев торфа в процессе седиментогенеза в котловинах палеоводоемов, динамику болотных экосистем и степень их устойчивости на территории региона с выделением пяти этапов садки торфа в муравинскую межледниковую эпоху.

Болота – один из важнейших элементов природного ландшафта Беларуси на протяжении геологического прошлого, настоящего и, надо полагать, будущего, как естественно развивающиеся болотные экосистемы, которые связывают между собой воду, растения и торф. Эти избыточно увлажнённые участки земли со специфической растительностью, в результате жизнедеятельности и отмирания которой образуется торф, являются с одними из крупнейших в Европе. Они различаются между собой по своему физико-географическому положению, происхождению, морфометрии, составу, типу питания, эволюционированию в различных кли-

матических условиях, степени воздействия антропогенного фактора. В пределах региона основное влияние на их возникновение и развитие в гляциоплейстоцене имели и деятельность неоднократных ледниковых покровов, и климат, наложившие отпечаток на типы торфа и скорость его нарастания.

Наличие большого числа современных и палеоболот на территории Беларуси свидетельствует о сильном эрозионном развитии рельефа в области, покрывавшейся ледником. В гляциоплейстоцене (последние 800 тыс. лет) болотный режим осадконакопления происходил при зарастании палеоозер и древних речных пойм

в процессе их меандрирования в древних долинах [1]. Мощность слоев торфа варьировала от 0,5 до 3 м. Надо полагать, что различие рельефа южной и северной частей региона сохранялось, вследствие чего число древних болотных массивов было также приурочено к территории Полесья и в частности – к долине Припяти. Тем не менее, постоянное воздействие на процесс осадконакопления торфа собственно ледников и их талых вод в сочетании с динамикой водотока Припяти приводило к неоднократному размыву накопившихся как озерных, так и болотных толщ. Ныне сохранились лишь разрезы с садкой торфа на высоких частях склонов этой долины. Болотные слои в разрезах, как правило, перекрыты отложениями последующих гляциоплейстоценовых ледников и оказывались погребенными.

В течение формирования торфа в нем последовательно захоронялись остатки микро- и макрофоссилий растений (пыльца и споры, плоды и семена), как произраставшие на болотах и заболоченных участках, так и окружавшей их территории. Используя метод палинологического и палеокарпологического анализов, на диаграммах отложений из геологических разрезов установлено, что слои торфа приурочены к разным фазам развития растительности разновозрастных позднеледниковой (зоны тундры → лесотундры), межледниковых эпох (зоны тайги → смешанных лесов → широколиственных лесов → и вновь зоны смешанных лесов → тайги) и раннеледниковых интервалов (зоны лесотундры → тундры) последующих оледенений, что свидетельствует о различных климатических условиях садки торфа. При этом весьма отчетливо в составе споровых выявляется смена доминирования папоротниковых *Polypodiaceae* с участием плауновых *Lycopodiaceae* (низинное болото) на ранних этапах развития палеоводоемов, а на завершающих – мхов *Sphagnum* (верховое болото). Наиболее отчетливо характер растительного покрова этих гляциоплейстоценовых болот можно проследить в тех разрезах, которые изучены комплексом ботанических методов – палинологическим и карпологическим.

Так, в разрезах муравинского межледниковья Козья, Орляки, Прялица накопление торфяных слоев и за торфованных отложений во вторую половину оптимума (термогидротическую фазу развития растительности *mr-6-7* – максимум граба) отличается наибольшим богатством видов макрофлоры с содержанием представителей болотных мест обитания. Та же закономерность отмечена для слоя торфа в разрезе шкловского межледниковья Костеша (ранний любанский климатический оптимум – фаза *sk-2-4*). В разрезе Акулово к слою торфа начала промежуточного похолодания шкловского межледниковья (фазы *sk-5-7*) приурочено основное количество экзотических макроформ растений. В разрезе Нижнинский Ров комплексы палино- и макрофлоры из торфяной залежи в полной мере адекватно отражают сложность в развитии Нижнинского палеоводоема, и дополняя друг друга наиболее объективно и наглядно представляют этот процесс в течение днепровского позднеледниковья, шкловского межледниковья с тремя климатическими оптимумами и разделяющими их межоптимальными похолоданиями и сожского раннеледниковья. В разрезе Смоленский Брод классическое отражение находит процесс эволюции биогеоценозов на протяжении яхнинского

позднеледниковья и смоленского межледниковья, свидетельствуя о постепенном развитии глубоководного олиготрофного водоема (*yah-gl-f*), его зарастании (фазы *sm-1-8*) и превращении в болото (фазы *sm-9-12*).

Приведенная схема осадкообразования палеоводоемов и развития растительности на окружавшей их территории отражают простой (однократный) цикл их эволюции – озеро → болото от конца предшествовавших оледенений, на протяжении межледниковий и начала последующих оледенений. Последние приводили к погребению толщ осадков озер и болот и прекращению их существования. В то же время развитие озерно-болотного седиментогенеза отдельных плейстоценовых водоемов происходило более сложно, отражая климатостратиграфические ритмы в объеме неоднократно повторявшихся межледниковых эпох. На протяжении двух- и трехоптимальных межледниковий озерный цикл мог сменяться болотным, а затем вновь озерным (озеро → болото → озеро). Совпадение границ палинокомплексов с литологическими и составом макрофлоры свидетельствует об адекватной реакции природных компонентов среды на изменение климата.

Большой объем фактического палинологического материала позволил более подробно воспроизвести процесс накопления торфа и развития болот от конца сожского оледенения, на протяжении муравинского межледниковья и в начале поозёрского оледенения. Из 64 таких разрезов 22 характеризуют непрерывный озерный цикл осадконакопления (отложения представлены суглинками, глинами, супесями, гиттиями, песками, мергелями мощностью от 3 до 22 м и уровнем залегания 0,5–49,0 м от поверхности). В 16 разрезах в разные фазы развития растительности муравинского межледниковья отмечена только садка торфа мощностью в 0,3–8,0 м на гл. 0,05–19,0 м, перекрытого в конце межледниковой эпохи и поозёрском раннеледниковье озерными и озерно-ледниковыми образованиями. В 23 разрезах отражено развитие палеоводоемов от озерной стадии с последующим зарастанием и переходом в болотную. Установлено, что на протяжении сожского позднеледниковья шло накопление глин, суглинков, песков – кластогенного материала, свойственного по аналогии с поозёрским позднеледниковьем развитию холодных олиготрофных палеоозёр. По мере прогрессивного потепления климата и изменения режима озерного седиментогенеза в течение муравинского межледниковья происходило постепенное их развитие и эвтрофирование, а впоследствии – зарастание.

Выделено пять этапов накопления торфа в муравинскую межледниковую эпоху: I этап приходится на ее начало (*mr-1*, фаза берёзово-сосновых лесов с елью; *mr-2*, фаза сосновых лесов с берёзой); II этап совпадает с началом раннего (чериковского) климатического оптимума (*mr-3*, фаза сосново-берёзовых и берёзово-сосновых лесов с примесью широколиственных пород) и первой его половиной (*mr-4-а*, фаза дубовых и дубово-вязовых лесов); III этап отмечается со второй половины этого оптимума (*mr-5*, фаза липовых, липово-грабовых лесов с подлеском из лещины, обильны ольшаники; *mr-6*, фаза грабовых лесов); IV этап приходится на конец чериковского климатического оптимума (*mr-7*, фаза еловых и елово-грабовых лесов); V этап отмечается с конца межледниковья (*mr-10*, фаза берёзово-сосновых лесов).

В трёх разрезах первоначальное накопление торфа выявлено лишь в перигляциальных условиях поозёрского оледенения.

Среди этой многочисленной группы разрезов в девяти палеоводоёмах отражено более сложное развитие цикла седиментогенеза: первичное накопление торфа здесь сменилось в конце муравинского межледниковья (V этап) и поозёрском раннеледниковье формированием озёрных осадков, а в последующие фазы поозёрского оледенения – вновь образованием торфа.

Рассмотренные выше основные этапы озёрно-болотного седиментогенеза на протяжении муравинского межледниковья позволили установить, что этот процесс, в сущности, имеет ту же направленность и закономерность, что и в послеледниковую (голоценовую) эпоху.

В основании ряда разрезов в холодной перигляциальной обстановке поозерского позднеледниковья в котловинах озер наряду с накоплением чаще всего кластогенного материала (пески, глины, суглинки, супеси, илы, алевриты, реже смешанный сапропель, гиттии), отмечена и садка **подсапропелевого торфа**. Такие же слои торфа подсапропелевого выявлены и в раннем голоцене в умеренных и умеренно-теплых условиях предоптимального этапа, подстилая в свою очередь основную и мощную сапропелевую толщу (рисунок 1) [1].

Палинологическое изучение слоев **подсапропелевого торфа** на ряде разрезов показало, что состав пыльцевых спектров в нем неоднозначен и характеризует условия осадкообразования двух временных интервалов: а) поозерского позднеледниковья (межстадиала аллерёд = AL и стадиала поздний дриас = DR-III с высокой долей пыльцы наземных травянистых растений = NAP, в т. ч. *Artemisia*, *Chenopodiaceae*, *Poaceae* и др., характерными максимумами древесных *Pinus*, *Picea*, *Betula*, нередко *Larix*, а также кустарниковых – *Salix*, *Hippophaë*; постоянным участием во флоре аркто-бореальных форм, ксерофитов) и 2) раннего голоцена (пребореальный – PB и бореальный – BO периоды с повышением роли *Picea*, участием мезо- и термофильных растений). Шло последовательное развитие зон тундры и лесотундры, а затем тайги и смешанных лесов.

В пределах котловины водоёма подсапропелевый торф сплошного распространения не имеет, а залегает локально и в прибрежной её части, и в наиболее глубоководной. Наибольшая частота встречаемости разрезов со слоями подсапропелевого торфа характерна для PB-1; на протяжении поозерского позднеледниковья повышенное число разрезов относится к AL-1, в голоцене – к PB-2 и BO-1. Мощность подсапропелевого торфа по разрезу колеблется в пределах 0,1-0,9 м при максимальной величине в AL-2 (0,9 м) и повышенной – в PB-1 (0,5 м). Наибольшая скорость накопления этих осадков характерна для AL-2 (0,17 м/год).

Изначальное формирование самостоятельных современных болот и как результат их геологической деятельности формирование торфяников относится частично к поозерскому позднеледниковью, а в целом – к голоценовому межледниковью (последние 10300 лет), а на его протяжении – к различным его этапам в процессе зарастания озер и участков пойм рек, сохраняя классическую схему эволюции озеро→болото и русло реки→пойма→болото (рисунки 2, 3) [1, 2, 3, 4]. На это указывают закономерности в распространении водных

и болотных растений по разрезу, отражая последовательные этапы перехода зон растительности глубоководных водоемов к мелководным, постепенному их зарастанию и переходу в болота.

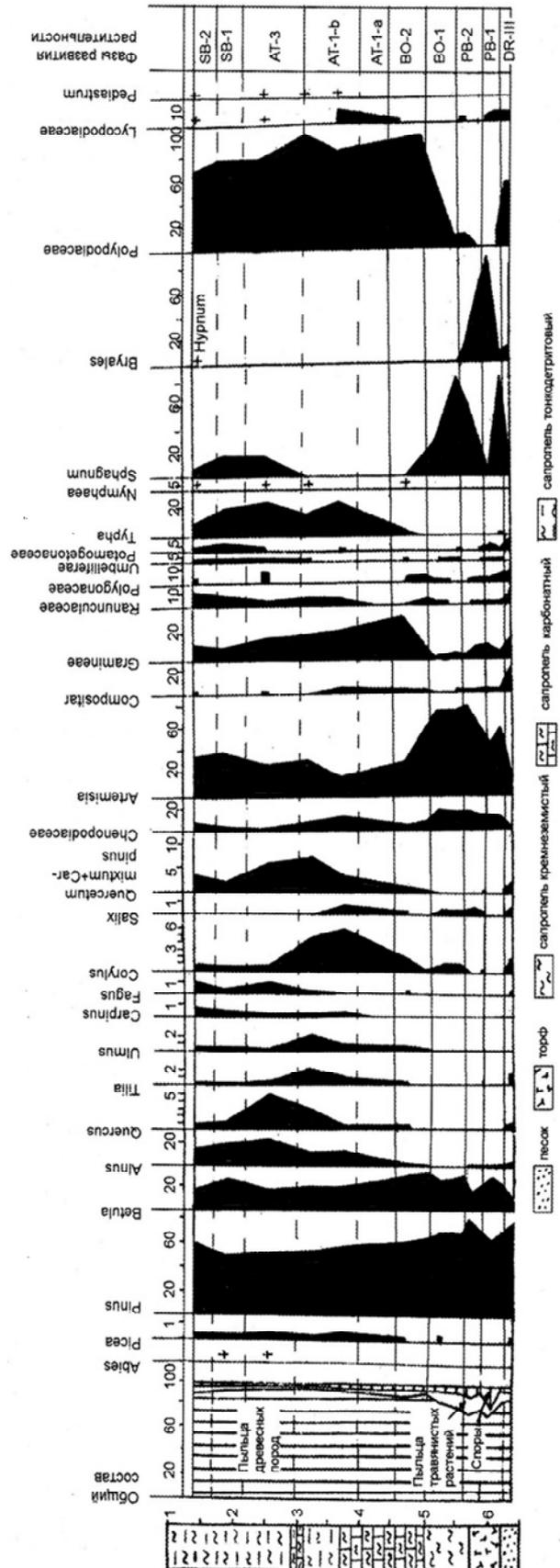
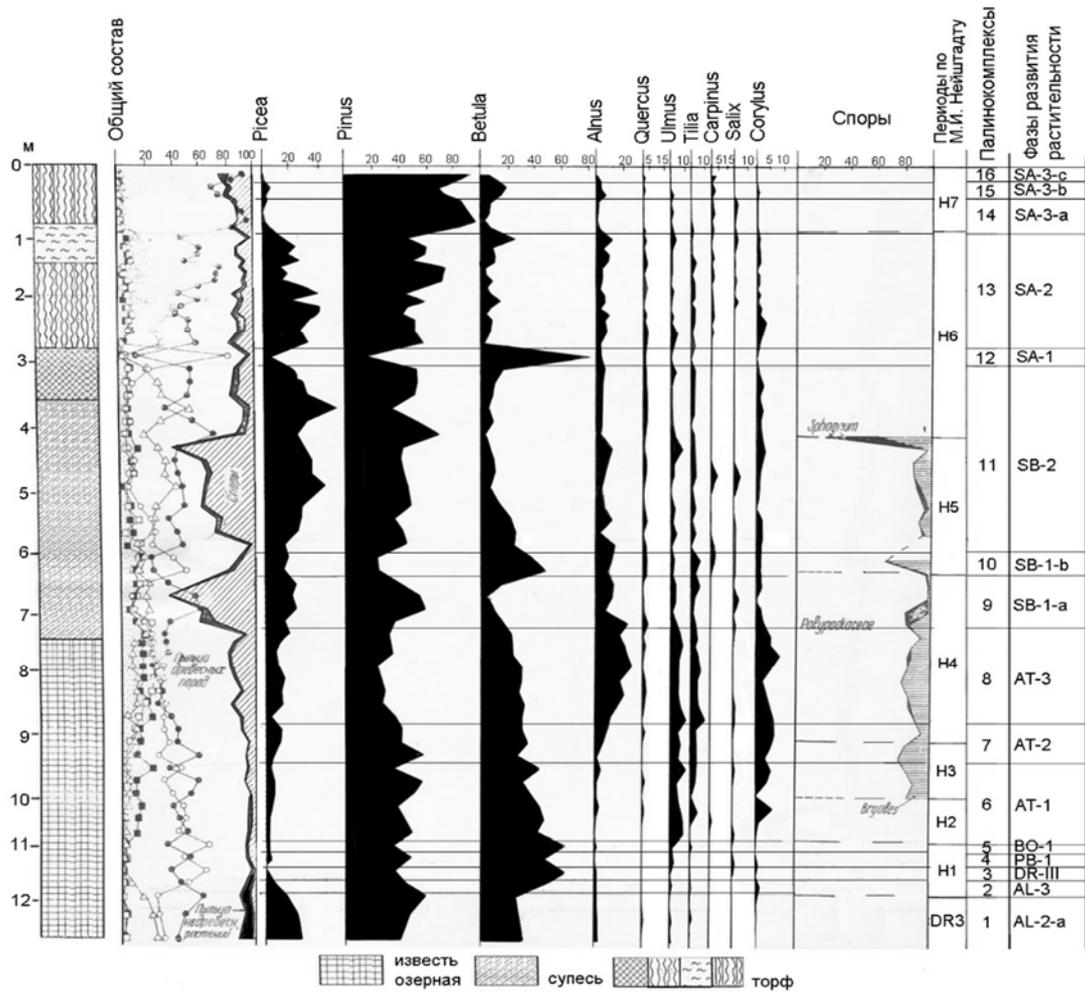
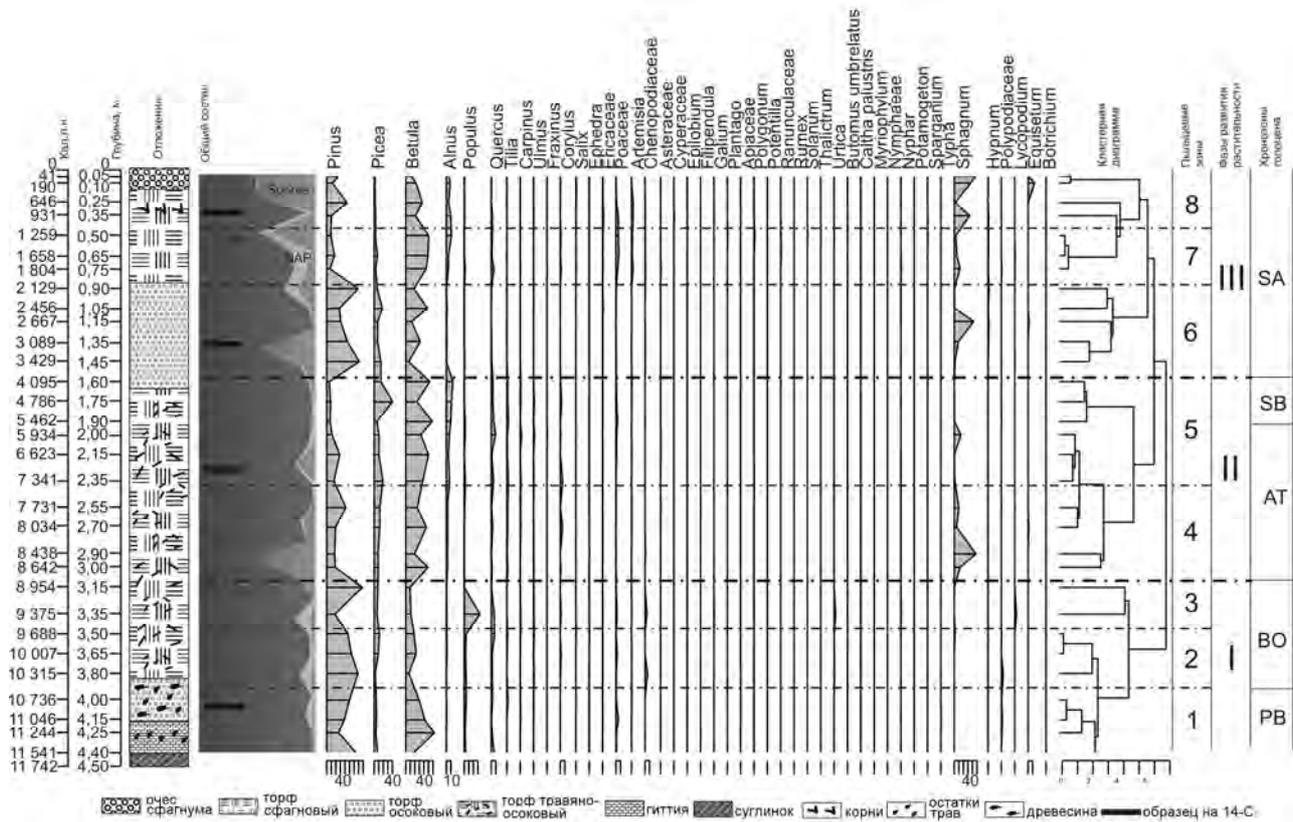


Рисунок 1 – Палинологическая диаграмма донных отложений в оз. Олтуш (скв. 1), анализ Я.К. Еловичевой



Смены ценозов характеризуют зоны растительности палеоводоёмов в зависимости от строения котловины. Сочетание пыльцы *Cyperaceae*, *Equisetum*, *Alisma*, *Sagittaria*, *Sparganium*, *Typha* и др. свидетельствует о существовании прибрежной мелководной зоны до гл. 1 м. Мощные заросли *Scirpus* и *Phragmites* характерны на гл. до 2-3 м. Растения с плавающими листьями (*Nuphar*, *Nymphaea* и др.) получают распространение на гл. более 3 м. Растения с погружёнными листьями (в основном *Potamogeton* и др.) произрастают на значительно больших глубинах. Водоросли и специфические мхи характеризуют наиболее глубоководную часть палеоводоёмов.

Ныне в Беларуси по разным подсчетам от 10 до 14% ее территории находится под болотами (это 2,5 млн га вместе с осушенными) с запасом торфа-сырца 30,4 млрд м³; наибольшая мощность торфяного пласта составляет 10,5, нередко отмечено до 12 м (болото Ореховский Мох). Под залежью торфа на некоторых болотах захоронены месторождения сапропеля. Распределены болота на территории неравномерно – большее их число на севере и юге региона. Самые большие болота в Брестской области – Выгонощанское, Поддубичи, Великий лес, Обровское. Беларусь занимает 15-е место в мире по общей площади торфяников, 20-е – по уровню заболоченности и 21-е – по запасу углерода.

Образующиеся в местах с постоянным или периодически избыточным увлажнением, болота различаются составом растительности, характеризуя тот или иной тип их питания. Несомненно, ценным дополнением к находкам пыльцы, спор, плодов и семян водных и болотных местообитаний являются различные растительные остатки в торфах. Как правило, в разрезах границы слоев торфа с различным ботаническим составом четко совпадают с палинокомплексам, отражая изменения климата и сукцессию растительности под его влиянием.

Низинные (травяные) болота (составляют 85,1% от всей площади болот страны) образуются в бессточных понижениях рельефа и чаще на месте бывших озёр, в поймах рек, питаются подземными, грунтовыми или речными водами (рисунок 4). Средняя мощность торфяного пласта составляет 1-2 м, иногда до 6 м, степень разложения торфа 20-40% и выше. Имеют вогнутую или плоскую поверхность, богатый видовой состав болотных растений и растительных ассоциаций. Для них (Гродненская, Минская и большая часть Брестской области – Дикое – одно из крупнейших в мире, Званец, Споровские, Пинские, Простырь – последний из типовых старых уголков Западного Полесья и др.) характерны травянистые растения из *Cyperaceae*, *Phragmites*, *Juncus*, *Equisetum palustre*, *Typha*, *Filipendula*, *Menyanthes trifoliata*, *Comarum*, *Epilobium*, *Calamagrostis*, *Agrostis stolonifera*, *Festuca rubra*, *Poa pratensis*, гипновые и сфагновые мхи, *Hypnum*, *Polypodiaceae*, *Bryales* и др.; из кустарников – разные виды ив (часто *Salix cinerea* – ива пепельная), берёза низкая (*Betula humilis*); из древесных пород – сосна (*Pinus*), *Betula* – берёза, ольха (*Alnus*), изредка ель (*Picea*).

На сильно обводнённых болотах преобладают тростниковые, хвощовые, травяно-гипновые и осоково-гипновые ассоциации, на более проточных и менее обводнённых болотах – осоково-злаковые, черноольхово-крапивно-разнотравные. Подразделяются болота на **лесные** (черноольховые, пушистоберёзовые, ольхово-

берёзовые, елово-сосново-ольхово-берёзовые), травянисто-кустарниковые (ивовые), **травянистые** (осоковые, хвощовые, тростниковые, манниковые, разнотравные) и **травянисто-гипновые**. В Полесье распространены берёзовые низинные болота, на которых растут берёза пушистая, ива, крушина; в травяном покрове – осоки с незначительной примесью болотного разнотравья. Образуются осоковый, тростниковый, тростниково-осоковый, древесно-осоковый и другие виды торфа, торфотуфы и другие болотные отложения. Крупнейшими низинными болотами являются: Ипа-Вишанское, Хольча, Сухое, Журавлёвское, Пушцево, Ржище-Липки, Выгонощанское, Кузьмичи и Марьино, Дикое, Великий лес, Гальское, Обровское, Багна-Схеда, Булевское, Загалье, Гричин, Каролинское, Василевичи-2.

В результате постоянного накопления растительных остатков их поверхность постепенно повышается, в результате чего прекращается и грунтовое питание, травяная растительность отмирает и заменяется мхами: низинные болота переходят в верховые.

Верховые (моховые) болота занимают 10,7% площади всех болот региона, размещаются преимущественно на водоразделах в замкнутых бессточных понижениях (там же и наибольшие запасы торфяных залежей), имеют выпуклую поверхность (возвышение центра болота по сравнению с его окраинами нередко до 7 м) и питаются исключительно за счёт атмосферных осадков (наиболее распространены в северной части Беларуси – Полоцкая низина (Ельня – крупнейший среди верховых болот нашей страны и пятый по величине в Европе, Друть-Березинское междуречье – Домжеричское и др.), на Берестине (Морочно) (рисунок 5)). Мощность их торфяного пласта составляет в среднем 2-4 м, реже максимум 9-10 м (Ельня), степень разложения торфа 5-50%, а их особенностью является низкое содержание в воде минеральных солей. Характерными компонентами их растительного покрова являются сплошной покров из основного торфообразователя – сфагновых мхов (*Sphagnum*), а также травы (*Eriophorum vaginatum* – пушица влагалищная), *Drosera rotundifolia* (росянка круглолистная), *Rubus chamaemorus* – морошка (изредка на севере Беларуси), *Scheuchzeria palustris* – шейхцерия болотная, *Rhynchospora* – очеретник) и кустарнички (*Ledum* – багульник, *Chamaedaphne calyculata* – болотный мирт, *Ericaceae* – вересковые, *Andromeda* – подбел, голубика, *Oxycoccus* – клюква), *Empetrum* – водяника, *Vaccinium myrtillus* – черника, и др.).

Со временем болота покрываются лесной (сосна болотная) и кустарниковой растительностью, формируя сосново-пушицево-кустарничково-сфагновые ассоциации (Осиновское болото); древесные по причине «физиологической сухости» здесь имеют чахлый вид, а их пыльца нередко недоразвита. Безлесные болота (пушицево-сфагновые и шейхцериново-сфагновые ассоциации) встречаются только отдельными участками в более обводнённых понижениях, создавая грядово-мочажинные комплексы растительности (образуются сфагновый, пушицевый, сосново-пушицевый, шейхцериново-сфагновый и другие виды торфа).

Безлесные верховые болота постепенно сменяются луговыми ценозами (сочетание *Gramineae*, *Leguminosae*, *Poaceae*, *Agrostis*, *Festuca*, *Trifolium*, *Alchemilla*,

Ranunculus и др.) и на их месте развиваются суходольные луга.

Переходные (смешанные) болота (занимают 4,2% территории болот региона) характеризуются смешанным составом растительности, отражающей переходную стадию питания между верховыми и низинными типами болот. Наиболее распространены в центральной части Беларуси. Растительность представляют сфагновые (*Sphagnum*) мхи в виде сплошного ковра, гипновые (*Hypnum*) мхи, травы (осоки – *Cyperaceae*, *Menyanthes trifoliata* – вахта трёхлистная, *Comarum palustre* – сабельник болотный), кустарнички (*Ledum palustre* – багульник, *Vaccinium uliginosum* – голубика, *Chamaedaphne calyculata* – болотный мирт, *Oxycoccus* – клюква), кустарники (*Salix* – ива, *Betula humilis* – берёза низкая), деревья (сосна – *Pinus sylvestris*, береза пушистая – *Betula pubescens*). Подразделяются на лесные (заняты чистыми сосновыми и берёзово-сосновыми лесами) и безлесные (преимущественно осоково-сфагновыми, осоково-гипново-сфагновыми и разнотравно-осоково-сфагновыми ассоциациями) болота. Нижние слои переходных болот складываются из низинного, верхние – из торфяно-осоково-сфагнового и древесно-осоково-сфагнового торфов.

Следует отметить присутствие на Беларуси и таких уникальных объектов ландшафта, как единые комплексы верховых, переходных и низинных болот, сохранившиеся до наших дней в первозданном состоянии (Ольманские болота – крупнейшие на Европейском континенте, Пинские болота и пр.) (рисунки 6, 7). [5].

Освоение болот на территории Беларуси началось в XVIII в. с осушения болотных лугов и постройки каналов для сплава леса через болота. Не умаляя значимости проведенной с 1964 г. широкомасштабной мелиорации в целях улучшения природных условий региона, увеличения площадей под сельскохозяйственные угодья, возникновения на месте осушенных болот совхозов, детских садов, школ, больниц, прокладки дорог, ее беспощадное воздействие, тем не менее, проявилось в нанесении значительного урона, оставив осушенными огромные площади болот, разработав залежи торфа и положив начало развеванию оказавшихся на поверхности кварцевых озерных песков, развитию эрозии, миграции южных инвазивных видов растений, не свойственных нынешней флоре Беларуси, неправильном использовании мелиорированных почв [6, 7]. Несмотря на это, часть крупных болотных массивов была сохранена в их первоначальном состоянии.

Как видно, естественные болотные экосистемы гляциоплейстоцена и голоцена имели сходство по своему происхождению, динамике, характеру растительного покрова, а различались богатством и фиторазнообразием, степенью экзотичности палино- и макрофлоры в древние геологические эпохи [1].

Поэтому в полной мере можно свидетельствовать о природном наследии важных в экологическом отношении болотных массивов, как объектов длительной летописи развития географической оболочки, источников запасов CO₂, разработки торфа на топливо, исцеления лекарственными травами, кормом людей питатель-



Рисунок 4 – Низинное болото Дикое



Рисунок 5 – Верховое болото Елья



Рисунок 6 – Комплекс верховых и переходных болот – Пинские болота



Рисунок 7 – Комплекс верховых, переходных и низинных болот – Ольманские болота

ными ягодами, хранителей уникальной, редкой и исчезающей флоры и фауны региона посредством создания заказников, заповедников, национальных парков, а охватывая огромные территории и поглощая большое количество углекислого газа, болота вносят свой вклад в сохранение чистоты биосферы и являются естественными производителями кислорода на Земле наряду с выработкой и парниковых газов (метан и др.), влияя на изменение климата. Непроходимые топи Полесья стали мощной преградой и защитой населения от врагов и нанесения урона природной среде во время Великой отечественной войны. Как видно, болота выполняют множество комплексных функций (в т. ч. аккумулятивную, биологическую, гидрологическую, геохимическую, климатическую, газорегуляторную), а участвуя в большом и малом круговоротах эти топкие места играют важную роль в поддержании стабильности экосистем и сохранении биоразнообразия.

Ныне ведется восстановление подвергшихся осушению болотных экосистем и их охрана на территории Беларуси путем поднятия уровня вод и возобновления заболачивания с помощью создания новых плотин, которые сократили число возгораний на современных болотных массивах (в особенности верховых – например, Ельня и др.), что отмечается нередко и для древних погребенных торфяников (например, Нижнинский Ров в Шкловском районе). Однако некоторые охраняемые государством болота Беларуси (Святое, Докудовское, Выгонощанское, Морочно, Седун, Унухальское, Журавлёвское, Птичь) находятся на грани уничтожения:

На Полесских болотах Беларуси (в отличие от редких в Европе) уникален отчасти сохранившийся от далеких предков прежний уклад жизни, быт и древние промыслы местных жителей в поселениях («грудках»),

расположенных среди болот и лесов, по островам, берегам и поймам рек (бортничество, тростниковые крыши домов, пугала на огородах, стога сена, заготовки дров, возделывание крошечных земельных участков вне болот, рыболовство путем загораживания части реки частокотлом из прутьев, разведение птиц и скота с выпасом и дойкой на островах, куда перевозят коров на лодках-плоскодонках – самом распространенном средстве передвижения, в особенности по весне в паводок). Примечательным элементом ландшафта являются повсеместные гнездовья аистов. К сожалению, древнейшие полесские деревни быстрыми темпами идут к вымиранию на фоне прогрессивного развития современной цивилизации. Ныне это сочетание уже разных эпох старого и молодого поколений еще можно осмотреть: болота Беларуси включены в экотуристические маршруты (особенно популярные среди европейцев, чьи земли давно осушены) с возможностью знакомства с уникальной природой загадочных топких мест и насладиться ее благоговейной тишиной.

Несомненно, что наличие в стране огромных водно-болотных комплексов существенно повлияло на формирование ментальности белорусской нации. Свойственная белорусам толерантность – терпимость, компромиссность, надёжность и доброжелательность – формировалась столетиями: жизнь многочисленными группами на изолированных островах, окруженных сплошными трясиными, вырабатывала жизненно важные качества – терпение и спокойствие, выносливость и трудолюбие, сообразительность и целеустремлённость, надёжность и отзывчивость. И не случайно именно на болотах зацветает папараць-кветка – мифический цветок папоротника, который, согласно древней легенде, приносит счастье полешукам (полесцам).

Список литературы

1. Еловичева Я.К. Палинология Беларуси (к 100-летию БГУ) / в 4 ч. – Мн.: БГУ, 2018. – 831 с. – Монография деп. в БГУ 08.01.2019 г., № 000308012019. Режим доступа: <http://elib.bsu.by/handle/123456789/212051>.
2. Писарчук Н.М., Куприянов Д.А., Тимашков А.В. Динамика ландшафтов Республиканского ландшафтного заказника «Освейский» на протяжении последних 12 000 лет // Матэр. VI Міжнар. навук. канф. «Маніторынг і ацэнка стану расліннага свету» 9-13 кастрыч. 2023 г., Мінск–Ляскавічы, Беларусь. – Мінск:ІВЦ Мінфіна, 2023. – С. 319-322.
3. Отчет о НИР «Динамика ландшафтов Белорусско-Валдайского Поозерья в голоцене: роль природных и антропогенных факторов» (заключительный) // (договор с БРФФИ № X21PM-043 от 01.07.2021). – Минск, 2023. – 77 стр.
4. Палинологическая база данных Беларуси (ПБД Беларуси) / Минск:БГУ, 2003 г. – 1300 диаграмм.
5. Созинов О.В., Груммо Д.Г., Зеленкевич Н.А., Броска Т.В. Редкие виды флоры болот Беларуси: инвентаризация и новые находки // Ботаника: сб. науч. тр. / под общ. ред. Н.А. Ламана, В.И. Парфенова. – Минск: Навука і тэхніка, 2008. – С. 106-114.
6. Яковец Т.С., Полулято В.С., Ромашко Д.В. Белорусские болота, как уникальные геологические структуры // Актуальные проблемы геотехники, экологии и защиты населения в чрезвычайных ситуациях: Матер. 74-й студ. науч.-технич. конф.: секция «Геотехника и экология в строительстве», 25 апреля 2018 г. – Минск:БНТУ, 2018. – С. 35-38.
7. 8 крупнейших болот Беларуси [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://bestbelarus.by/info/blog/8-the-largest-bogs-of-belarus/>.

ИЗМЕНЕНИЯ РАСТИТЕЛЬНОСТИ БОЛОТ СЕВЕРО-ЗАПАДА РОССИИ ПОД ВЛИЯНИЕМ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ БОБРОВ

Н.А. Завьялов¹, В.А. Смагин²

¹ФГБУ «Государственный природный заповедник «Рдейский», Холм, Россия, zavyalov_n@mail.ru;

²Ботанический институт имени В.Л. Комарова РАН, Санкт-Петербург, Россия, smagin.mire@gmail.com

Бобры, расширяющие свой ареал, становятся фактором, влияющим на развитие современных экосистем, не только лесных, но и болотных. Они способны изменять растительность крупных болотных участков и отдельных небольших болотных массивов. Вызванные ими смены растительности имеют катастрофический и последовательный, сукцессионный характер. Следствием катастрофических изменений, приводящих к гибели существующей растительности, также становится ряд восстановительных сукцессий. Продолжительность восстановительных смен, тоже зависит от деятельности и численности бобров. На участках разного типа восстановительные сукцессии продолжаются разное время. Воздействие бобров проявляется как затоплением и подтоплением болот и болотных участков, так и их дренажем, и осушением. Несомненно, бобры стали существенным фактором воздействия на современное состояние болот.

Бобры (*Castor fiber*, *C. canadensis*) продолжают расширение своих ареалов, и их численность растет и в Старом, и в Новом Свете [1, 2], при этом наблюдается и заселение бобрами различных болот. Воздействие бобров на среду обитания болот имеет некоторые отличия от их средообразующей деятельности на малых реках. На болотах наиболее заметна роющая деятельность бобров, а количество плотин может превышать таковое в речных местообитаниях [3–7]. Плотины строятся преимущественно из торфа, они стабилизируют и изменяют гидрологический режим болотных водотоков, перераспределяют влагу, способствуют накоплению седиментов, изменяют плотность торфа, ускоряют выпуск метана в атмосферу, снижают накопление торфа и углерода [6]. На болотах бобры создают открытые водоемы, в т.ч. выкапывая их [3]. По мере увеличения продолжительности обитания бобров количество таких водоемов и их общая площадь увеличиваются [8], они могут сохраняться до 40–70 лет [3, 6, 8, 9]. Затопление болот водами бобровых запруд приводит к изменениям в структуре растительного покрова [9–12]. Бобры также дренируют болота своими каналами, а разрушение плотин может инициировать эрозионные процессы, в долгосрочном плане можно ожидать и иссушающего воздействия на болота [13]. Строительная деятельность бобров на болотах создает «ландшафтную инерцию», затрудняющую восстановление ранее существовавшего ландшафта [5]. Восстановление бобров в ландшафте способствует увеличению площади поверхности воды, что может быть важно для решения ряда природоохранных задач [14, 15]. Однако деятельность бобров может быть и угрозой для естественных болотных местообитаний, имеющих большую природоохранную ценность. На сегодняшний день знания о последствиях деятельности бобров для болот пока скудны, а возможности точного прогнозирования таких последствий – весьма ограничены [16]. Цель работы: аналитический обзор изменений растительности болот Северо-Запада России под влиянием жизнедеятельности бобров.

Мы решили объединить два подхода. Первый – стационарные наблюдения за динамикой численности и средообразующей деятельностью бобра выполненные в 2003–2022 гг. в Рдейском заповеднике, в восточной части Полистово-Ловатской болотной системы (ПЛБС) (граница Новгородской и Псковской областей). Второй – анализ

полевых материалов, собранных во время исследований болот Северо-Запада России за тот же период.

Полистово-Ловатская болотная система – это крупнейшая на Северо-Западе (более 100 тыс. га) система относительно мало нарушенных болотных массивов на границе Псковской и Новгородской областей. Полевые работы по учетам бобров проводились в 2003–2022 гг. на площади 1200 км². Район исследований включал восточную часть ПЛБС: территорию Рдейского заповедника, его охранную зону и заболоченные леса вокруг ПЛБС.

Болотная растительность Рдейского заповедника с одной стороны типична для северо-западного региона, с другой стороны во многих отношениях уникальна. Из-за своеобразия самой болотной системы, ее поверхностной и внутризалежной гидрографической сети здесь появились редкие растительные сообщества и их комплексы. Редкие в силу сочетания в одном и том же сообществе видов, которые в других местах обычно не произрастают вместе, а также формирования комплексов сообществ, обычно не сочетающихся друг с другом на одном болотном участке. Необычному видовому составу сообществ и их набору в комплексах, немало способствуют и бобры [17].

Динамику растительности на бобровых поселениях ПЛБС оценивали с использованием материалов лесоустройства Рдейского заповедника, выполненного в 2016–2018 гг. на основании аэрофотосъемок территории 2013 г. При проведении лесоустройства нелесная (болотная) растительность была описана, закартирована и классифицирована [17]. Ортофотопланы бобровых поселений снимали квадрокоптером DJI Mavic 2 Enterprise с высоты 100 м и обрабатывали в программе Agisoft Metashape Professional. В программе QGIS были созданы слои с материалами лесоустройства, результатами съемки ортофотопланов с квадрокоптера и местами расположения бобровых хаток, плотин и каналов. Выявляли «бобровые пятна», т.е. участки территории, на которых бобры изменили гидрологический режим и инициировали смену растительных сообществ. Границы этих пятен хорошо заметны по усохшей от подтопления и затопления древесной растительности (рисунок). В программе QGIS очерчивали внешний контур таких пятен, измеряли его площадь. Внутри такого пятна видны как фрагменты лесонасаждений, сохранившиеся с «добобрового» времени, так и сообщества болотной растительности, образовавшиеся на мес-

те погибших лесонасаждений. Всего были выделены 33 растительных сообщества.

Всего за 2003–2022 гг. в восточной части ПЛБС обнаружено 180 бобровых поселений. Большинство поселений расположены в полосе шириной 1–3 км по краю болотной системы. Всего зарегистрирована 721 плотина, средняя длина 23,4 м ($n=257$), наименьшая 1 м, наибольшая 300 м. Самые большие плотины и самые большие пруды найдены на границе болота и суходола.

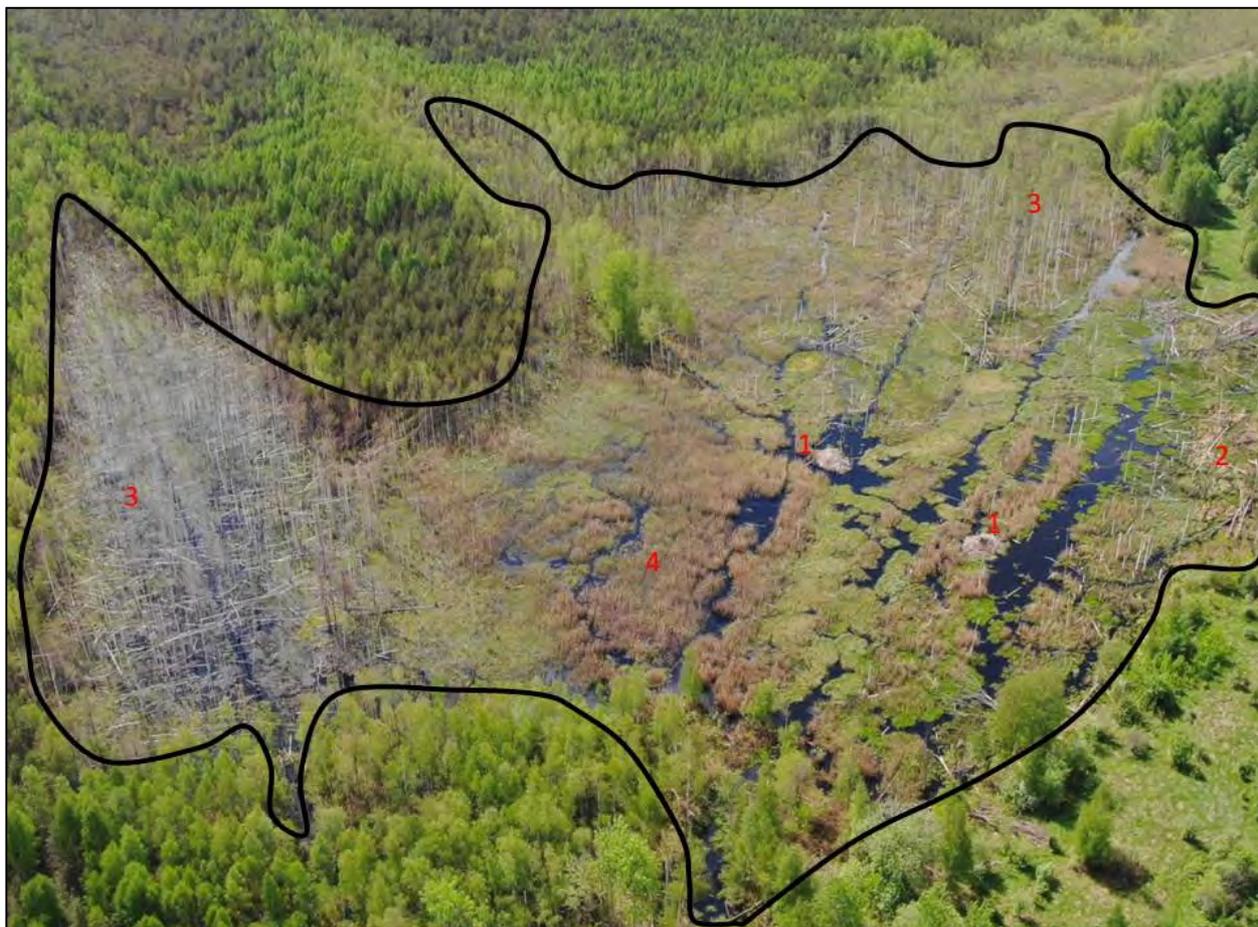
Для оценки воздействия бобров на растительность болотной системы в 2021–2022 гг. выделены два модельных участка. «Север» – расположен на северной границе заповедника, его площадь 2520 га, он включает 38 поселений, 200 плотин. Бобровые пятна занимают 27,5% площади участка. «Восток» – расположен на восточной границе заповедника, его площадь 750 га, он включает 12 поселений, 58 плотин. Бобровые пятна занимают 53,2% площади участка. На плане лесонасаждений и карте болотной растительности отмечены тридцать «бобровых пятен» на участке «Север» и шесть на участке «Восток».

На севере болотной системы, где сосредоточено больше всего водотоков естественного происхождения и мелиоративных каналов бобры при вселении нашли обильные запасы древесно-кустарниковых кормов. В этой части находятся самые большие бобровые пруды и «пятна». Здесь же отмечена массовая гибель древо-стоя из-за подтопления и затопления. Особенно пострадали осушенные типы леса – березняки и осинники. На

месте погибших насаждений образовались низинные болота, облесенные и безлесные. При этом, даже на открытых низинных болотах, бобры могут найти необходимое количество кормов. Поэтому на таких территориях бобры обитают непрерывно или же повторно заселяют их через 3–5 лет.

Бобры заселяют внутриболотные водотоки и в более бедных условиях переходных болот, поросших березняками и немногочисленными ивняками. После бедания березы и ивы наступает довольно длительный период, когда эти территории становятся непригодны для обитания бобров, и повторное их вселение возможно только через 10–20 лет после восстановления березняков.

На участках леса вдоль края болота, затопленных бобрами, гибнет ранее существовавшая растительность, включая древесный ярус. Смены растительности носят как катастрофический, так и плавный характер. Катастрофический характер наблюдается при образовании запруд. После спуска запруд, сукцессионный ряд начинается со стадии сингенеза, зарастания свободной, ранее залитой слоем воды поверхности. Образуется растительность, характерная для низинного болота, тростниково-белокрыльниковые сообщества. Эти два доминанта образуют сомкнутые подъярусы затрудняющие вселение других видов. Поэтому, образующиеся здесь сообщества, в отличие от свойственных обычным низинным болотам, малоизменчивы и сохраняются такими долгое время.



1 – бобровые хатки, 2 – осинник, подгрызенный бобрами, 3 – погибшие от подтопления и затопления осиновые и березовые леса, 4 – низинное болото. Черной линией обозначен внешний контур «бобрового пятна».

Рисунок – Пример «бобрового пятна»

При постепенном подъеме уровня воды по краям запруд происходят сукцессии от лесного типа растительности к болотному. В древесном ярусе первой гибнет осина, вслед за ней отмирает береза. При этом древостой редет, утрачивает сомкнутость крон, о существовавшем древесном ярусе напоминают отмершие стволы. Появляются ивы, *Salix aurita* и *S. cinerea*, местами образующие сомкнутый ярус. Из нижних ярусов исчезают лесные виды и внедряются болотные, причем разной экологии: *Carex lasiocarpa*, *C. rostrata*, *Calla palustris*, *Eriophorum vaginatum*, *Oxycoccus palustris* и ряд других. Образуется моховой сфагновый ярус из *Sphagnum fallax*, *Sph. centrale*. На этих участках можно наблюдать такие «химерические» сообщества, как осинник осоково-пушицево-сфагновый. Далее, в сторону болота, следует полоса ивняка осоково-сабельникового шириной несколько сотен метров, сменяемая типичными болотными осоково-вахтово-сфагновыми сообществами. Затопление участков лесного переходного болота с древостоем из сосны и березы вызывает гибель ранее существовавшей растительности и образование водоема с открытой водой или зарастающего тростником и белокрыльником. После спуска запруды начинаются восстановительные сукцессии. Быстро нарастает подрост березы. Тростник и белокрыльник долго сохраняются в составе сообществ, сокращая проективное покрытие, или встречаясь небольшими, изолированными зарослями. Появляются типично болотные виды из числа способных к быстрому расселению: *Carex rostrata*, *Eriophorum vaginatum*. Восстанавливается моховой ярус из сфагновых мхов, причем, перед тем как образуется сплошной ковер из *Sphagnum fallax*, будет предшествовать стадия дернин-пятен разного диаметра из более евтрофных видов: *Sphagnum squarrosum*, *Sph. centrale*, *Sph. riparium*. Кустарнички в небольшом количестве появляются по бывшим приствольным кочкам. В последующем, участки, подвергавшиеся затоплению, индизируются вкраплениями белокрыльника и несвойственных переходному болоту видами мезоевтрофных сфагновых мхов, как и стволами погибших деревьев. Затопление участков лесного олиготрофного болота с древесным ярусом из сосны, также приводит к гибели растительности, возникновению водоема или зарослей тростника и (или) белокрыльника. При спуске запруд тростниково-белокрыльниковое сообщество сохраняется. В нем образуется моховой ярус из *Sphagnum fallax*, перед тем как он станет сомкнутым заметно участие *Polytrichum commune*. Постепенно происходит внедрение пушицы и кустарничков. При восстановлении древостоя подрост березы заметно опережает подрост сосны, при этом бывает много кустов *Salix aurita*. Восстановлению прежнего сообщества предшествует «химерическая» стадия – сообщества из видов разной экологии.

На севере заповедника проявилось и дренирующее воздействие деятельности бобров на растительность. На обводненных участках между сближенными руслами р. Порусья, занятых вахтовыми сообществами, бобры построили плотины на одном из русел, перенаправив поток по короткому пути в канал по краю болота. При этом провели «дноуглубительные работы», прочистив осушенные русла реки и каналов. Затем плотина была прорвана, и очистка русел быстрым потоком

прошла без участия бобров. Результатом стало снижение уровня болотных вод и образование на месте обводненной вахтовой топи осоково-сфагнового (*Carex lasiocarpa-Sphagnum fallax*) сообщества с участием видов разной экологии, включая лесные и луговые. В частности, обилием отличается не вполне болотный *Calamagrostis canescens*, отмечен совсем не болотный *C. epigeios*. Большими значениями покрытия и высотой отличается *Betula nana*, формируется древесный ярус из березы и сосны (с участием черной ольхи). Отдельные деревья достигли за 20 лет высоты 4 м. Здесь проявляется тренд к образованию растительности лесного болота.

Долговременный прогноз показывает, что в ближайшие 200 лет численность и плотность населения бобров в Рдейском заповеднике будут близки к максимальной емкости среды обитания [18], следовательно, их влияние на среду обитания сохранится.

Примерами трансформации бобрами растительности всего болотного массива, стал ряд небольших низинных и переходных массивов в Ленинградской области, недавно образовавшихся на месте или вокруг малых озер, обмелевших из-за антропогенного осушения. Подъем уровня воды из-за перекрытия бобрами отводящего воду канала, в зависимости от свойств отложившегося торфа, приводит к разным последствиям. Причем даже в пределах одного болота. Проследить такой процесс удалось на приозерном переходном болоте [19] покрытом однообразной осоково-сфагновой растительностью (*Carex rostrata-Sphagnum fallax*). В одной части болота торфяная залежь напитавшись водой, стала полужидкой, и участок оказался непроходимым, поверхность болота не держала вес человека. Сукцессия проявилась в смене доминанта мохового яруса, им вместо *Sphagnum fallax* стал *S. riparium*, исчезла клюква и *Carex rostrata*. Сосудистых растений практически не осталось, единично росла *Carex limosa*. Посреди этого участка образуются озерки, обращенный к озеру край размывается волнами, и зеркало воды озера расширяется. В другой части болота мощный верхний слой залежи оторвался и всплыл, образовав обширную «наводную сплаvinу». Верхний слой торфа оказался дренированным, уровень болотных вод находится на глубине 25–30 см. Это проявилось в появлении и быстрым росте подроста сосны и березы, достигших высоты 3 м и покрытия 20%. Других изменений в видовом составе за 20 лет не произошло, доминанты травяного и мохового яруса остались прежними. Болото продолжает быть переходным, лишь намечалась его трансформация от открытого к облесенному. Подъем уровня воды в озере привел к увеличению акватории за счет разрушения тонких краев сплавины и размыва прилегающей части болота с разжиженной залежью, но восстановления озера в прежнем виде не происходит. Торфяная масса сделала воду мутной, и, самое главное, повлекла к переполнению прежней озерной чаши. Последовало подтопление окружающего суходола, гибель по краям болота лесной растительности, включая древесный ярус. На месте смешанного березово-осинового леса, со стадии белокрыльникового сообщества, посреди отмерших стволов деревьев, начался сукцессионный ряд, через 16 лет достигший стадии болотного черноольшанника с древесным ярусом высотой 7–10 м

и сомкнутостью крон 0.2. Причем образовалось два сообщества, различающихся составом нижних ярусов. По краю леса черноольшанник белокрыльниковый, и, обращенный к открытому болоту, белокрыльниково-сфагновый. На другом озере, полностью ставшим болотом, предположительно из-за перекрытия бобрами, отводящего от него воду канала, и, наоборот, направления по нему воды на болото, происходит образование топких участков, размыв торфяной залежи и образование небольших водоемов [20]. За процессом ведется наблюдение. Известен еще ряд примеров «восстановления» бобрами заболотившихся в результате обмеления озер. Приведем их примеры без характеристики происходящих при этом сукцессий, т.к. наземных наблюдений нами не проводилось, либо выполнено лишь однократное описание растительности. Ценность этим примерам придает фиксация их состояния в классической литературе столетней давности. Так И.Д. Богдановская-Гиенэф в 1928 г. [21] писала о полностью заболоченном озере посреди Таментгонского болота (стр. 274), на котором проводилось сенокосение. Достаточно посмотреть на современный космический снимок, чтобы понять, что на нем сейчас, скорее всего, можно ловить рыбу. Причиной тому бобры, построившие плотины на отводящих воду каналах. Ею же упоминается как существующее, озеро посреди Порзоловского болота (стр. 273). Болото подверглось торфоразработке, озеро оказалось спущено и стало болотом. Посещение его показало, что оно было не просто болотом, а болотом лесным, возможно даже лесом, судя по диаметру и плотности стояния стволов отмершей березы. Следов пожара на стволах нет, болото низинное осоковое и ивово-осоковое, сильно обводненное. На небольшом участке, едва проходимом в развернутых болотных сапогах, просматривается восстановление водоема. Бобровых плотин на отводящих воду каналах обнаружить не удалось, но многочисленные пни поваленных бобрами деревьев по их берегам свидетельствуют об их присутствии. Растительность болота отличается мозаичность, свидетельствующая о недавних сменах покрова. Примером осушительного воздействия на болота бобров, опять-таки могут служить приозерные болота. Их осушение происходит за счет снижения уров-

ня воды в озерах из-за перекрытия бобровыми плотинами стока впадающих в них рек. Пример такого изменения растительности наблюдали в 2006 г. на болоте по берегу Ащ-озера, на территории природного парка «Веппский лес». За счет плотин, построенных на реке Ащина, был сокращен объем стока в Ащ-озеро и уровень воды в нем снизился на полметра. Это вызвало два процесса: сукцессию на окружающем озеро низинном болоте и сингенез – зарастание образовавшейся песчаной полосы бывшего дна вдоль вертикально обрывающегося к озеру края торфяной залежи. Сингенез находился на начальной стадии, поверх песка поселялся сфагновый мох. Сосудистых растений еще не было. Сукцессия на приозерном болоте была направлена на смену растительности открытого низинного болота растительностью лесного переходного болота. Сукцессионный ряд находился на начальных стадиях, растительность низинного болота сохранялась, наметились лишь первые признаки её трансформации. Типичные виды сосудистых растений низинных болот, такие как *Comarum palustre*, *Naumburgia thyrsiflora*, *Thyselium palustre* по-прежнему произрастали, но с небольшим покрытием. Единично присутствовала *Carex omskiana*. Доминировал же «общий» вид низинных и переходных болот *Carex lasiocarpa*. Изменения начались с мохового яруса, который состоял из *Sphagnum angustifolium*, вида широкой экологии, но низинным болотам не свойственного. Появился подрост березы и сосны высотой до 3–3.5 м, с добавлением подростка ели. Из числа контрастирующих с набором видов ненарушенных болот отмечен *Juncus filiformis*, обильный и содоминирующий в травяном ярусе *Carex lasiocarpa*, также как несвойственный открытым болотам *Calamagrostis canescens*.

Бобры, перехватывая плотинами сток впадающих в озера рек, вызывают обмеление озер, инициируя их заболачивание, или расширение уже существующих приозерных болот (такое развитие возможно и на Ащ-озере). Процесс аналогичен происходящему после спуска уровня воды при осушительной антропогенной мелиорации. Пример такого расширения приозерного болота, с большой долей вероятности начавшегося из-за этого, мы наблюдали на юго-западе Архангельской области.

Список литературы

1. Halley D.J., Saveljev A.P., Rosell F. Population and distribution of beavers *Castor fiber* and *Castor canadensis* in Eurasia // *Mammal Review*, 2020. P. 1–24. Doi: 10.1111/mam.12216.
2. Rosell F., Campbell-Palmer R. Beavers. Ecology, behaviour, conservation and management. – Oxford University Press, 2022. – 454 p. DOI: 10.1093/oso/9780198835042.001.0001.
3. Rebertus A.J. Bogs as beaver habitat in North-Central Minnesota // *The American Midland Naturalist*. 1986. Vol. 116, № 2. P. 240–245.
4. Hood G.A., Bayley S.E. Beaver (*Castor canadensis*) mitigate the effects of climate on the area of open water in boreal wetlands in western Canada // *Biological Conservation*, 2008. V. 141. P. 556–567.
5. Westbrook C.J., Cooper D.J., Anderson C.B. Alteration of hydrogeomorphic processes by invasive beavers in southern South America // *Science of the Total Environment*, 2017. Vol. 574. P. 183–190. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2016.09.045.
6. Karran D.J. The engineering of peatland form and function by beaver (*Castor spp.*) / A dissertation submitted to the College of graduate and postdoctoral studies in partial fulfillment of the requirements for the degree of doctor of philosophy in the Department of Geography and Planning University of Saskatchewan, Saskatoon, Canada, 2018. <https://harvest.usask.ca/handle/10388/8661>.
7. Kaphegyi T.A.M., Eckerle V.A.M., Christofers Y., Kaphegyi U. Reconstruction of Eurasian beaver (*Castor fiber*) recolonization in moor habitats using digital orthophotos // *Biodiversity and Conservation* (2021) 30:4163–4176. <https://doi.org/10.1007/s10531-021-02295-4>.
8. Milbrath J.T. Land-cover change within the peatlands along the Rocky Mountain Front, Montana: 1937–2009. Graduate Student Theses, Dissertations, 2013. 611 p. <https://scholarworks.umt.edu/etd/611>.
9. Ray A.M., Rebertus A.J., Ray H.L. Macrophyte succession in Minnesota beaver ponds // *Can. J. Bot.*, 2001. Vol. 79. P. 487–499.
10. Mitchell C.C., Niering W.A. Vegetation change in a topogenic bog following beaver flooding // *Bulletin of the Torrey Botanical Club*, 1993. Vol. 120. №2. P.136–147.

11. McMaster R.T., McMaster N.D. Composition, structure, and dynamics of vegetation in fifteen beaver-impacted wetlands in Western Massachusetts // *Rhodora*, 2001. Vol. 103. № 915. P. 293–320.
12. Reddoch J., Reddoch A.H. Consequences of beaver, *Castor canadensis*, flooding on a small shore fen in southwestern Quebec // *Canadian Field-Naturalist*, 2005. Vol. 119. №3. P. 385–394.
13. Grootjans A., Iturraspe R., Fritz C. et al. Mires and mire types of Peninsula Mitre, Tierra del Fuego, Argentina // *Mires and Peat*, 2014. Volume 14. Article 01. P. 1–20. <http://www.mires-and-peat.net/>.
14. Larsen A., Larsen J.R., Lane S.N. Dam builders and their works: beaver influences on the structure and function of river corridor hydrology, geomorphology, biogeochemistry and ecosystems // *Earth-Science Reviews*, Volume 218, July 2021, 103623. <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2021.103623>.
15. Johnson-Bice S.M., Gable T.D., Windels S.K., Host G.E. Relics of beavers past: time and population density drive scaledependent patterns of ecosystem engineering // *Ecography*, 2022: e05814. DOI: 10.1111/ecog.05814.
16. Jermaczek A., Pawlaczyk P., Ruta R. General aspects. In: Wolejko L., Pawlaczyk P., Stańko R. (eds). *Alkaline fens in Poland – diversity, resources, conservation*. Naturalists' Club, Świebodzin, 2019. pp. 81–87.
17. Смагин В.А. Растительность болот Рдейского заповедника // *Труды государственного природного заповедника «Рдейский»*. Выпуск 5. / ред. Н.А. Завьялов, Л.А. Хляп – Великие Луки: Великолукская типография, 2020. С. 52–59.
18. Завьялов Н.А., Кораблев Н.П., Зуева Н.В., Петросян В.Г. Бобры Полистово-Ловатской болотной системы: современное состояние и популяции и прогноз возможных изменений экосистем // *Сто лет охраны: уроки заповедания: сборник статей по итогам работы Всероссийской научной конференции, посвященной 100-летию Воронежского заповедника (27–29 сентября 2023 г., ФГБУ «Воронежский государственный заповедник»)*. Воронеж: «Цифровая полиграфия», 2023. С.16-25.
19. Смагин В.А., Бойчук М.А. Мониторинг растительности заболачивающихся малых озер в Ломоносовском районе Ленинградской области // *Бот. журн.* 2023. Т. 108. № 2. С. 127–141. DOI: 10.31857/S0006813623020096, EDN: EXKFRH.
20. Смагин В.А., Бойчук М.А. Сукцессии при современном заболачивании озер Ленинградской области. // *Бот. журн.* 2022. Т. 107. № 3. С. 269–286. DOI: 10.31857/S000681362203005X.
21. Богдановская-Гиенэф И.Д. Растительный покров верховых болот русской Прибалтики. *Тр. Петергофского естественно-научного ин-та*. 5. 1928. С. 265–377.

РОЛЬ ДОМЖЕРИЦКОГО БОЛОТА В СОХРАНЕНИИ ПОПУЛЯЦИЙ БАШМАЧКА НАСТОЯЩЕГО (*CYPRIPEDIUM CALCEOLUS* L.) В БЕРЕЗИНСКОМ ЗАПОВЕДНИКЕ

В.С. Ивкович, Е.Н. Ивкович, С.А. Автушко

ГПУ «Березинский биосферный заповедник», Витебская обл., Беларусь, valery.ivkovich@tut.by

Приводится краткий анализ разнообразия торфяных залежей и растительного покрова самого крупного болота Березинского биосферного заповедника – Домжерицкого. Подчеркивается исключительное значение данного болота в сохранении популяций башмачка настоящего: из 15 обнаруженных мест произрастания этого охраняемого вида 13 приурочено к Домжерицкому болоту. Они занимают окраинные участки или минеральные острова среди болота и в настоящее время находятся в стабильном состоянии и не снижают численности.

В сохранении природного комплекса Березинского биосферного заповедника очень важную роль играют обширные болотные массивы, которые характеризуются значительными гидрологическими, флористическими и продукционными ресурсами, а также обладают исключительным средообразующим потенциалом. Занимая более половины территории заповедника и развиваясь практически без влияния человека, они представляют собой уникальную природную модель формирования разнообразия и структуры растительного покрова в южной части Белорусского Поозерья, относящейся к области верховых торфяников холмисто-озёрного ландшафта.

Самым крупным на территории заповедника является расположенное в его центральной части болото Домжерицкое – 10 906 га. Средняя глубина торфа 2,4 м. Оно занимает обширную пологоволнистую равнину на водоразделе рек Березины и Эсы. По западной окраине болота с севера на юг протекает река Бузянка. В северной части массива расположено озеро Домжерицкое. Поверхность болота выпуклая с общим уклоном на юг к реке Березине.

Образование Домжерицкого болота началось с заполнения отдельных небольших озёр в пределах более крупной котловины, с дальнейшим заболачиванием её пологих склонов. Это привело к формированию обширного, пространственно неоднородного торфяного массива, переживающего в настоящее время олиготрофно-мезотрофную фазу развития. Характерной особенностью болота является высокая изрезанность его границ с наличием многочисленных понижений и холмов на окраинах и минеральных островов внутри массива. Торфяная залежь болота представлена всеми четырьмя типами строения: верховым, переходным, низинным и смешанным. В центральной части болота наибольшее распространение имеют низинные и переходные залежи (54%), на долю верховой и смешанной приходится 46%. По периферии болота преобладают мелкозалежные участки богатого минерального питания, сложенные преимущественно низинными видами древесно-осокового и древесного торфа.

В современном растительном покрове Домжерицкого болота представлены сообщества всех типов питания. В северной его части встречается хорошо разви-

тый олиготрофный грядово-мочажинный комплекс с выраженной дифференциацией растительности на грядах и понижениях. Основная площадь верховых участков покрыта сосняками пушицево-сфагновыми с незначительным участием сосняков кустарничково- и багульниково-сфагновых. Мезотрофные и эвтрофные пушистоберезовые леса приурочены к хорошо выраженным подъемам минерального дна болота, а также занимают протяженную полосу вдоль поймы реки Бузянки по западной периферии массива. Обширная центральная часть болота занята тростниково-осоково-сфагновыми мезотрофными ассоциациями, по окраине которых формируются редкие тростниково- и пушицево-осоково-сфагновые березняки. В покрове южной части болота преобладают мезотрофные и мезоэвтрофные лесные и безлесные растительные сообщества. Низинные травяно-осоковые безлесные фитоценозы приурочены к поймам небольших рек, а также занимают широкую полосу южной окраины болота. Остальная территория южной части занята рядом сменяющих друг друга мезотрофных осоково-сфагновых сосняков с различным составом и полнотой древостоя. Как видим, растительный комплекс Домжерицкого болота характеризуется исключительным разнообразием и множественностью вариантов и, практически, в полном объеме относится к редким и типичным биотопам, подлежащим строгой охране в Европе.

Являясь наименее трансформированными, болотные фитоценозы представляют собой уникальные и ничем не заменимые местообитания большого количества видов растений. Так, в целом на болотах заповедника и по их окраинам выявлено более 30 видов сосудистых растений, включенных в Красную книгу Республики Беларусь. Обширный массив Домжерицкого болота также характеризуется значительным набором мест произрастания редких видов растений, включая виды, требующие специфических почвенно-гидрологических условий. Именно к таким особым условиям в краевых (экотонных) участках Домжерицкого болота приурочены почти все выявленные на территории заповедника популяции башмачка настоящего (*Cypripedium calceolus* L.). Они расположены в центральной части заповедника на территории Лепельского района. Ниже представлены обнаруженные нами и выявленные ранее известные места произрастания башмачка настоящего, инвентаризированные в 2010–2024 гг.

1. Домжерицкое лесничество, минеральный остров среди переходного болота на границе между кварталом 240, выдел 35 и кварталом 260, выдел 6. N 54°46,444' E 28°26,079'. Самая северная точка обнаружения места произрастания вида. Южная окраина смешанного ельника березово-кисличного с примесью ольхи черной, возраст 95 лет, обилие по шкале Друде *Sol*, цветущих растений – 30 шт.

2. Домжерицкое лесничество, краевой участок верхового болота, квартал 274, выдел 6. N 54°45,757' E 28°22,661'. В экотоне березняка сосново-орлякового с примесью ольхи черной, возраст 60 лет, обилие *Sol*, цветущих растений – 6 шт.

3. Домжерицкое лесничество, минеральный остров среди верхового болота, квартал 274, выдел 7. N 54°45,641' E 28°22,905'. Смешанный березняк елово-кисличный с примесью осины, возраст 80 лет, обилие

Sol. Имеется три отдельные группы растений на северо-западной, северной и восточной окраинах острова. Древостой в местах произрастания северной и восточной куртин сильно пострадал от урагана в августе 2010 г., в результате которого некоторые растения оказались на вывалах и погибли. Цветущих растений – 56 шт.

4. Домжерицкое лесничество, краевой участок верхового болота, квартал 288, выдел 8. N 54°45,290' E 28°22,689'. Смешанный ельник березово-долгомошный с примесью осины, возраст 120 лет, обилие *Sol*. Отдельные куртины и экземпляры в выраженном понижении рельефа, цветущих растений – 82 шт.

5. Домжерицкое лесничество, минеральный остров, примыкающий к озеру Домжерицкое, квартал 318, выдел 9. N 54°43,980' E 28°22,077'. Смешанный березняк сосново-осоковый с примесью ольхи черной в краевой зоне верхового болота, возраст 80 лет, обилие *Sol*. Цветущих растений – 16 шт.

6. Домжерицкое лесничество, минеральный остров среди верхового болота, квартал 337, выдел 18. N 54°43,637' E 28°21,761'. Смешанный березняк ольхово-долгомошный с примесью сосны в краевой зоне верхового болота, возраст 55 лет, обилие *Sol*. Цветущих растений – 6 шт.

7. Домжерицкое лесничество, минеральный остров среди верхового болота, квартал 337, выдел 19. N 54°43,635' E 28°21,723'. Смешанный березняк осиново-черничный с примесью ольхи черной, ели и сосны в краевой зоне верхового болота, возраст 70 лет, обилие *Sol*. Цветущих растений – 8 шт.

8. Домжерицкое лесничество, краевая зона низинного болота, квартал 270Б, выдел 16. N 54°45,290' E 28°19,408'. Смешанный ельник ольхово-снытевый с примесью осины, березы пушистой, ясени и сосны, возраст 80 лет, обилие *Sol*. Отдельные экземпляры в выраженном понижении на краю черноольхового леса. Цветущих растений – 12 шт.

9. Крайцевское лесничество, краевая зона низинного болота, квартал 473, выдел 5. N 54°40,584' E 28°17,114'. Смешанный ельник березово-папоротниковый на окраине черноольхового леса, возраст 90 лет, обилие *Sol*. Цветущих растений – 50 шт.

10. Крайцевское лесничество, минеральный остров среди переходного болота, квартал 524, выдел 11. N 54°38,878' E 28°23,538'. Смешанный ельник березово-черничный, возраст 130 лет, обилие *Sol*. Отдельные экземпляры в понижениях по краю острова, древостой сильно пострадал в результате ветровала, что негативно сказалось на популяции башмачка. Цветущих растений – 6 шт.

11. Крайцевское лесничество, минеральный остров среди переходного болота, квартал 543, выдел 3. N 54°38,869' E 28°23,560'. Смешанный ельник березово-кисличный с примесью осины, возраст 120 лет, обилие *Sol*. Отдельные куртины по краю острова, Цветущих растений – 36 шт.

12. Крайцевское лесничество, окраина низинного болота, квартал 562, выдел 21. N 54°37,920' E 28°22,142'. Смешанный березняк осиново-кисличный с примесью ольхи черной и сосны, возраст 65 лет, обилие *Sol*. Отдельные куртины и экземпляры на границе с черноольховым лесом. Цветущих растений – 16 шт.

13. Крайцевское лесничество, окраина низинного болота, квартал 578, выдел 2. N 54°37,835' E 28°22,284'. Смесшанный березняк осиново-черничный с примесью липы и клена, возраст 50 лет, обилие *Sol*. Самая южная точка места произрастания вида на территории заповедника. Единичные экземпляры в понижениях рельефа. Цветущих растений – 4 шт.

Территориально не привязаны к Домжерицкому болоту две популяции башмачка настоящего, произрастающие на территории Лепельского района в Крайцевском лесничестве.

1. Смесшанный ельник березово-кисличный с примесью ольхи черной, возраст 120 лет, Крайцевское лесничество, квартал 402, выдел 8. N 54°41,913' E 28°14,089'. Обилие *Sol*. Цветущих растений – 41 шт.

2. Смесшанный ельник березово-кисличный, возраст 120 лет, Крайцевское лесничество, квартал 473, выдел 15. N 54°40,560' E 28°17,090'. Обилие *Sol*. Единичная куртина в понижении нанорельефа. В период инвентаризации произрастание вида не обнаружено.

Проведенный анализ мест произрастания башмачка настоящего на территории Березинского заповедника показал, что из 15 обнаруженных мест 13 приурочены к окраинным участкам или минеральным островам среди Домжерицкого болота, что подчеркивает исключительную роль этого болота в сохранении вида. Наиболее часто он встречается на богатых гумусом, хорошо увлажненных минеральных или торфяных почвах в смешанных словых или мелколиственных (березовых, редко черноольховых) лесах. Приуроченность башмачка настоящего к Домжерицкому болоту обусловлена историей формирования торфяного массива, образовавшегося на месте обширной озерной котловины, где в настоящее время создались благоприятные для башмачка почвенно-гидрологические условия. По этой причине, несмотря на периодически возникающие негативные природные явления (ветровалы, нарушение режима увлажнения, изменение освещенности), популяции башмачка настоящего в последние десятилетия находятся в стабильном состоянии и не снижают численности.

РАСТИТЕЛЬНЫЕ СООБЩЕСТВА ЛЕСНЫХ БОЛОТ ЮЖНО-УРАЛЬСКОГО РЕГИОНА (ЧЕЛЯБИНСКАЯ ОБЛАСТЬ)

Т.Г. Ивченко^{1,2}, С.Р. Знаменский³

¹Ботанический институт имени В.Л. Комарова РАН, Санкт-Петербург, Россия, ivchenkotat@mail.ru

²Тобольская комплексная научная станция УрО РАН, Тобольск, Россия

³Институт биологии Карельского НЦ РАН, Петрозаводск, Россия, seznam@krc.karelia.ru

Изучено разнообразие и экологическая структура растительных сообществ евтрофных лесных болотных участков горно-таежной части Южного Урала и лесостепи Зауральского пенеппена и примыкающих участков ЗападноСибирской равнины. Разработана классификационная схема исследованных фитоценозов. Приведены особенности их флористического состава и распространение в регионе. Показаны основные факторы, определяющие дифференциацию и экологическую структуру данных растительных сообществ. Применен метод непрямой ординации неметрического многомерного шкалирования (NMS).

Лесные болота – особый буферный тип растительности [1, 2, 3, 4, 5]. Он включает сообщества с развитым древесным ярусом на торфяной залежи, которые формируются в приречных, приозерных местообитаниях, по окраинам болот, у оснований склонов. Эдификаторную роль играют деревья, развиты кустарниковый и травяно-кустарничковый ярусы. В последнем соседствуют болотные и лесные виды растений. Такое сосуществование на ограниченной площади большого числа видов различной экологии дает основание рассматривать лесные болота, как естественные центры биоразнообразия таежных лесов [7, 8]. Цель работы – выявить разнообразие и экологическую структуру растительных сообществ евтрофных лесных болотных участков горно-таежной части Южного Урала, лесостепи Зауральского пенеппена и примыкающих участков ЗападноСибирской равнины.

Исследования флоры, растительности, структурной организации болот проводили в 2011–2019 гг. маршрутным методом в горно-таежном поясе Южного Урала и в зоне лесостепи, в том числе было сделано 273 геоботанических описания лесных болотных участков, которые

легли в основу данной публикации. Описания выполняли на площадках размером 100 м². Кластеризация материала была проведена методом гибкой беты (flexible beta) при значении $\beta = -0.25$, в качестве меры расстояния была использована относительная дистанция Сьёренсена. Ординационный анализ проведен методом неметрического шкалирования (NMS). Все статистические анализы были выполнены в пакете Pc-Ord 7.10 [6].

В результате классификационных построений на основе эколого-фитоценологического подхода все описанные фитоценозы лесных болот были отнесены к типу растительности – Uliginion, к 4 классам формаций, 4 формациям и 9 ассоциациям (асс.).

Классификационная схема растительных сообществ лесных болот Южно-Уральского региона

Тип растительности Uliginion

Класс формаций Широколиственные лесные болота
Формация *Alneta glutinosae*

1. Асс. *Alnus glutinosa*–*Calla palustris*+*Carex elongata*
2. Асс. *Betula pubescens*+*Alnus glutinosa*–*Carex juncella*+*C. elongata*

3. Асс. *Alnus glutinosa*–*Carex lasiocarpa*–*Sphagnum teres*

Класс формаций Мелколиственные лесные болота

Формация Paludoherbeto-Betuleta pubescentis

4. Асс. *Betula pubescens*–*Carex juncella*+*Molinia caerulea*

5. Асс. *Betula pubescens*–*Carex cespitosa*

6. Асс. *Betula pubescens*–*Carex juncella*

Класс формаций Темнохвойные лесные болота

Формация Paludoherbeto-Piceeta obovata

7. Асс. *Picea obovata*–*Carex juncella*

8. Асс. *Picea obovata*–*Sphagnum warnstorffii*+*Sphagnum girgensohnii*

Класс формаций Светлохвойные лесные болота

Формация Paludoherbeto-Pineta sylvestris

9. Асс. *Pinus sylvestris*–*Menyanthes trifoliata*–*Sphagnum warnstorffii*

В пределах исследованной территории встречаются травяно-осоковые евтрофные лесные болота: черноольховые, березовые и еловые, а также евтрофные древесно-моховые: черноольхово-сфагновые со *Sphagnum teres*, сосново-сфагновые и елово-сфагновые со *Sphagnum warnstorffii*. Они распространены неравномерно, что подчеркивает территориальную неоднородность района исследования и его особое географическое положение.

Наиболее редкими являются сообщества ассоциации *Alnus glutinosa*–*Calla palustris*+*Carex elongata*, встречающиеся на болотах низкогорной части восточного макросклона Южного Урала и находящиеся на восточном пределе распространения, на границе ареала *Alnus glutinosa*. Данные сообщества являются требовательными к богатому минеральному питанию и проточному увлажнению и были встречены нами вдоль берегов озер и по окраинам болотных массивов.

Еловые лесные болотные участки располагаются преимущественно в среднегорной части Южного Урала, редко отмечаясь в низкокогорьях, в силу региональных особенностей произрастания *Picea obovata*, которая, благодаря горному рельефу территории, заходит далеко на юг от своего зонального распространения. Связанные с *Picea obovata* сообщества болот с одной стороны отличают ярко выраженные бореальные черты строения и состава, характерные для лесных болот, как европейской, так и западносибирской частей РФ. В тоже время их составу и структурной организации присущи региональные черты. В отличие от европейских и западносибирских темнохвойных кочкарно-осоковых лесных болот в древесном ярусе исследованных сообществ не отмечены ни *Alnus glutinosa*, ни *Pinus sibirica*, в травяно-кустарничковом покрове редко встречается *Menyanthes trifoliata*, в целом беднее кустарничковый ярус и общий видовой состав, а также менее выражен микрорельеф.

В горно-таежном поясе, где есть подпитка жесткими напорными грунтовыми водами, обычно по окраинам болотных массивов, развиваются евтрофные древесно-сфагновые сообщества асс. *Pinus sylvestris*–*Menyanthes trifoliata*–*Sphagnum warnstorffii* и асс. *Picea obovata*–*Sphagnum warnstorffii*+*Sphagnum girgensohnii*.

Последние являются местообитанием редкого на Южном Урале вида *Listera cordata*.

Самыми распространенными в исследованном регионе являются березовые лесные болота с *Betula pubescens*, в травяно-кустарничковом ярусе которых преобладают плотнoderновинные осоки *Carex cespitosa*, *C. appropinquata*, *C. juncella*. Они обладают общими физиономическими чертами, сходным характером расположения на отдельных болотных массивах, но их распространение в регионе несколько отличается. Ассоциация *Betula pubescens*–*Carex cespitosa* встречается на болотах горной и равнинной части исследованной территории и проявляет сходство с ранее описанными болотными березняками в других регионах РФ. Внутри нее была выделена субассоциация *Carex appropinquata*, в состав сообществ которой, как и в асс. *Betula pubescens*–*Carex juncella*–*Molinia caerulea*, входят виды требовательные к богатому минеральному питанию. В противовес им фитоценозы асс. *Betula pubescens*–*Carex juncella* развиваются в местообитаниях с более застойным увлажнением и дифференцируются в том числе евтрофными видами сфагновых мхов.

Во флористическом отношении лесные болотные участки самые богатые из исследованных болотных сообществ, что связано с их переходным характером между лесами и болотами. В травяно-кустарничковом ярусе описанных сообществ обычными видами, часто характеризующимися высоким постоянством, являются *Carex cespitosa*, *C. juncella*, *C. rostrata*, *C. cinerea*, *Calamagrostis canescens*, *Caltha palustris*, *Cirsium palustre*, *Comarum palustre*, *Deschampsia cespitosa*, *Dryopteris carthusiana*, *Epilobium palustre*, *Equisetum fluviatile*, *Filipendula ulmaria*, *Galium uliginosum*, *Lathyrus palustris*, *Lysimachia vulgaris*, *Maianthemum bifolium*, *Namburgia thyrsoflora*, *Phragmites australis*, *Poa palustris*, *Pyrola rotundifolia*, *Rubus saxatilis*, *Rumex aquaticus*, *Salix cinerea*, *Thyselum palustre*, *Trientalis europaea*, *Viola epipsila*. В моховом ярусе это *Aulacomnium palustre*, *Brachythecium mildeanum*, *B. salebrosum*, *Climacium dendroides*, *Calliergon cordifolium*, *Plagiomnium ellipticum*, *Plagiothecium denticulatum*, *Pleurozium schreberi*.

При помощи неметрического шкалирования выявлены три основных градиента, определяющих распределение описаний растительных сообществ лесных болот, выполненных в пределах всей территории исследуемого региона. Первый градиент является основным и объясняет 50,9% общей дисперсии, второй – 24,4%. Третий градиент – 11,8%. Исследованные сообщества хорошо различаются по экологическим параметрам их местообитаний, смысл которых был проинтерпретирован с помощью экологических шкал Ландольта, Элленберга, Раменского и Цыганова. Было показано, что ценотическое разнообразие лесных болотных фитоценозов Южно-Уральского региона в большей степени определяют кислотность и минеральный состав болотно-грунтовых вод, характер водного режима, его переменность и климат.

Список литературы

1. Ивченко Т.Г. Растительность болот Ильменского государственного заповедника (Южный Урал). // Растительность России. – 2013. – Т. 22. – С. 38-62.
2. Ивченко Т.Г. Растительность болот Южно-Уральского региона (в пределах Челябинской области). Дисс. ... докт. биол. наук. – Санкт-Петербург, 2019. – 476 с.

3. Кутенков С.А. Эколого-ценогическая структура и динамика болотных лесов Карелии. Автореф. дис. ... канд. биол. наук. – Петрозаводск, 2004. – 23 с.
4. Пьявченко Н.И. Лесное болотоведение. – М.: АН СССР, 1963. – 192 с.
5. Юрковская Т.К. Высшие единицы классификации растительности болот. // Ботан. журн. – 1995. – Т. 80. – № 11. – С. 28-33.
6. McCune B., Mefford M.J. PC-ORD. Multivariate Analysis of Ecological Data. Version 7.10 2018. Wild Blueberry Media, Corvallis, Oregon, U.S.A.
7. Ohlson M., Söderström L., Hörnberg G., Zackrisson O., Hermansson J. Habitat qualities versus long-term continuity as determination of biodiversity in boreal old-growth swamp forests // Biological Conservation. – 1997. – № 81. – P. 221-231.
8. Sjöberg K., Ericson L. Forested and Open Wetland Complexes // Ecological principles of nature conservation. – Lond., 1992. – P. 326-351.

СПЕЦИФИКА ФОРМИРОВАНИЯ ОЗЕРНО-БОЛОТНЫХ ЛАНДШАФТОВ БОЛЬШЕЗЕМЕЛЬСКОЙ ТУНДРЫ

Д.А. Каверин, С.В. Якубенко, А.В. Пастухов

Институт биологии ФИЦ Коми НЦ УрО РАН, Сыктывкар, Россия, dkav@mail.ru

Охарактеризована динамика пространственной дифференциации поверхности почвенно-растительного покрова дренированных озерных котловин на основе спектрального анализа массива спутниковых изображений. Исследования проведены на ключевом участке, расположенном на востоке Большеземельской тундры (урочище Пятембой-Гладь), где в конце 1970-х гг. было проведено искусственное осушение более тридцати озерных котловин.

Участок исследований находится в юго-восточной части Большеземельской тундры в пределах бассейна р. Большая Роговая, урочище Пятембой-Гладь (рисунок). Территория относится к Заполярному административному району Ненецкого автономного округа, в геоморфологическом отношении представляет собой плоскую низменную равнину высотой 90-100 м над ур. м. Плоские слабодренированные части равнины покрыты бугристо-мочажинными болотами с оголенными торфяными пятнами и термокарстовыми озерами, занимающими 8-12% территории. Диаметр озерных котловин, около 90% которых заполнено водой, варьирует от 25 до 1000 м. Днища озерных котловин сложены преимущественно песками, суглинками и глинами [2]. Почвообразующие породы представлены в основном четвертичными флювиогляциальными и болотно-озерными образованиями [4].



Рисунок 1 – Географическое положение участка исследований

Среднегодовая температура воздуха территории исследований составляет минус 5,8°C, среднегодовое количество осадков составляет 600-650 мм. Район расположен в подзоне преимущественно сплошного распространения многолетнемерзлых пород (ММП) мощностью 200-300 м, среднегодовой температурой – -1...-2°C [1]. Широкое распространение ММП обусловлено высокой долей торфяных почв в структуре почвенного покрова. Талики подстилают озерные котловины с глубиной воды более 5 м.

В соответствии с геоботаническим районированием территория исследований относится к Пятембойскому геоботаническому району Воркутинского геоботанического округа [6]. На плакорах широко распространены кустарниковые (ерниковые и ивняковые) и кустарничковые тундры, занимающие около 60% территории [8]. Крупными массивами они располагаются на различных элементах рельефа и особенно характерны для пологих склонов. Высота кустарниковых ярусов варьирует от 15-20 см до 1 м и более, достигая максимальной высоты в нижних частях подветренных склонов. Вверх по склонам ерниковый ярус становится более низкорослым и изреживается. На дренированных участках песчаных приречных террас развиты мохово-лишайниковые и мохово-кустарничковые тундры. На плоских водоразделах и в понижениях рельефа развиты заболоченные травяно-моховые и кустарничково-травяно-моховые сообщества, вдоль линий стока травяные ивняки. В районе исследований широко распространены плоскобугристые болота, в растительном покрове которых доминируют осоково-сфагновые и сфагново-гипновые ассоциации с куртинками кустарничков.

В данном районе широко распространены торфяные олиготрофные мерзлотные почвы, торфяно-глееземы (в том числе мерзлотные), глееземы криометаморфические, пойменные аллювиальные почвы. В дре-

нированных условиях речных долин встречаются глееземы потечно-гумусовые. Основой для исследования выбраны космические снимки КА Landsat и Sentinel в мультиспектральном диапазоне. Собрано около 60 мультиспектральных снимков трех периодов года: весенние (14 шт.); летние (32); осенние (15). Основой для исследований выбрали космические снимки Sentinel-2 и Landsat 4, 5, 7 в мультиспектральном диапазоне.

При сравнении космоснимков выявлено, что наибольший контраст как внутри дренированных котловин, так и между ними и окружающими ландшафтными разностями проявляется в осенний период при использовании комбинации каналов: красный (B04), ближний инфракрасный (B08) и коротковолновый (B12). Для оценки пространственно-временных изменений почвенно-растительного покрова котловин использована серия из 34 безоблачных снимков с 1985 по 2022 гг. Для выделения водных объектов (современных озер) создали маску водных пространств с использованием ближнего инфракрасного канала B06 (Sentinel-2). Созданный слой наложили на топографическую карту 1963 г., отображающей большее, чем в настоящее время, количество озерных котловин, заполненных водой. Все объекты, являющиеся озерами на карте и отсутствующие на современном космоснимке, были приравнены к искусственно осушенным котловинам, оставшиеся полигоны были отсечены. В результате определено 40 дренированных котловин, ранее являющихся озерами и осушенных в 1979 г. [4].

Классификацию спутниковых снимков с использованием полученных полевых данных проводили в несколько этапов: 1. создание сигнатур искомых типов природно-территориальных комплексов (ПТК); 2. классификация растра с помощью инструмента i.smap на основании значений синего, зеленого и красного каналов (2, 3, 4 в Landsat и 3, 4, 5 в Sentinel); 3. векторизация растра (инструмент g.to.vect) с расчетом площади полигонов. Для обрисовки контуров провели классификацию по методу максимального подобия. Для классов в обучающей выборке задали следующие условия: максимальная гомогенность и размер обучающего типа не менее 12 пикселей. Для выделенных типов ПТК в осушенных котловинах рассчитали абсолютные и относительные значения площадей, значения спектральных индексов NDVI и MNDWI, морфометрические характеристики (длина береговой линии, коэффициент извилистости, отношение площади к периметру, высота над уровнем моря, уклон береговой линии).

Статистический анализ соотношений площадей типов ПТК со спектральными индексами и морфометрическими характеристиками дренированных котловин с дальнейшей визуализацией результатов проводились в программах Microsoft Excel 2010, IBM SPSS и пакете R [7]. Оценка взаимосвязей исследуемых характеристик в анализе проводилась при помощи непараметрического метода – ранговой корреляции Спирмена.

Результаты исследований показали, что общая площадь искусственно-осушенных озерных котловин составила 986 га. Для искусственно осушенных котловин рассчитаны средние показатели: площади – $26,6 \pm 4,5$ га, длины береговой линии – $2,6 \pm 0,3$ км, коэффициента извилистости – $1,5 \pm 0,1$, отношения площади к периметру – $1,5 \pm 0,1$, высоты дна над уровнем моря – 85 ± 1 м, уклона береговой линии – $2,9 \pm 0,1$ %. На основании полевых исследований и классификации спутниковых изображений выделено 11 типов ПТК, характеризующих современную ландшафтную дифференциацию осушенных озерных котловин (таблица). Больше в котловинах распространены ивняковые и ерниковые тундры, меньше представлены луговины и мочажины (см. таблицу). Среди луговины преобладают (~ 18%) растительные сообщества с доминированием или значительным участием осок. Относительная доля ПТК с участками открытой воды составляет 13,5%, непосредственно водная поверхность в пределах котловин занимает 4,3%.

По типу растительности, ПТК котловин дифференцировали на 3 группы: крупнокустарниковые (К), мохово-кустарничковые (М) и луговые (Л). Крупнокустарниковые тундры ($55,7 \pm 2,5$ % площади) включают в себя ивняковые, в т.ч. заболоченные сообщества. Мохово-кустарничковые ($16,4 \pm 2,0$ %) занимают меньшие площади и представлены кустарничковыми, ерниковыми и моховыми сообществами. ПТК с луговыми сообществами занимают около четверти площади всех котловин ($23,6 \pm 2,6$ %), представлены осоковыми луговинами и мочажинами.

По степени закустаренности все котловины разделили на слабозакустаренные ($K_I < 30$ %), среднезакустаренные ($K_{II} = 30-60$ %) и сильнозакустаренные ($K_{III} > 60$ %). Классификацию по степени закустаренности сделали на основе показателей принятых в физической географии и почвоведении [5]. Около 90% всех осушенных котловин в настоящее время является средне- или сильнозакустаренными. Ландшафтное разнообразие котловин можно выразить и по степени присутствия ПТК с

Таблица – Площади основных типов природно-территориальных комплексов в осушенных котловинах

Типы ПТК / Параметр	Площадь, га	Типы ПТК / Параметр
Ивняковые тундры	41,6	412,0
Ивняковые заболоченные тундры	14,2	107,5
Ерниковые тундры	10,1	96,2
Осоковые заболоченные луговины	7,5	88,9
Хвощевые мочажины с открытой водой	5,0	71,5
Моховые мочажины	4,5	61,2
Осоковые луговины с открытой водой	4,4	39,3
Остаточные озерца (водные поверхности)	4,3	37,8
Травяные мочажины с открытой водой	4,1	30,2
Вейниково-осоковые луговины	2,6	28,2
Кустарничко-моховые сообщества	1,7	12,7
Итого	986	100

луговой растительностью. По степени залуженности котловины разделили на слабозалуженные ($L_I < 20\%$), среднезалуженные ($L_{II} = 20-40\%$) и сильнозалуженные ($L_{III} > 40\%$). Данное разделение основано на использовании медианных значений доли луговых ПТК. Коэффициент корреляции между долями крупнокустарничковых и луговых ПТК составляет $-0,7$. Остальные площади заняты ПТК с тундровыми сообществами, где доминирует ерниковая, кустарничковая и моховая растительность. На основе сочетаний присутствия крупнокустарничковой и луговой растительности можно выделить 9 комбинаций ПТК, среди которых наиболее распространены являются $K_{III}L_I$, $K_{II}L_{II}$, $K_{II}L_{III}$.

Исследуемые типы ПТК дифференцировали по степени дренированности: относительно дренированные (Д), заболоченные (З) и обводненные (О). Остаточные озера в обводненный тип не включили, исключив из анализа. Относительно дренированные ПТК ($56,0 \pm 2,8\%$ площади) включают в себя вейниково-осоковые луговины, кустарничково-моховые, ерниковые и ивняковые тундры. Заболоченные ПТК ($26,2 \pm 2,5\%$) представлены заболоченными ивняковыми тундрами, осоковыми луговинами и моховыми мочажинами. Обводненные ПТК ($13,5 \pm 1,5\%$) состоят из осоковых, хвощевых и травяных мочажин. Степень дренированности территории отдельных котловин оценивали по доле ландшафтов группы Д (диапазон 11-80%). Градацию выборки по степени присутствия относительно дренированных ландшафтов условно разделили на 3 класса: слабодренированные Д_I ($D < 50\%$), умеренно-дренированные З_{II} ($D = 50-70\%$) и дренированные Д_{III} ($D > 70\%$). Большая часть котловин является умеренно-дренированными З_{II} (17 из 37 рассматриваемых), средняя доля дренированных ландшафтных разностей в них составила $56,6 \pm 4,9\%$.

Исследование выполнено при поддержке проекта РНФ 24-27-00056 «Уязвимость многолетнемерзлых торфяников в результате строительства линейных объектов в условиях современного климатического потепления в Арктике: оценка экономических и необратимых природных рисков».

Список литературы

1. Геокриологическая карта СССР, масштаб 1:2,5 млн. / Отв. ред. Е.Д. Ершова, К.А. Кондратьева. – М. : Мин. геологии СССР и МГУ, 1998. – 16 л.
2. Голдина Л.П. География озер Большеземельской тундры / Л. П. Голдина. – Л. : Наука, 1972. – 102 с.
3. Елсаков В.В. Межгодовые изменения термокарстовых озер северо-востока европейской России / В.В. Елсаков, И.О. Марущак // Исследования Земли из космоса. – 2011. – № 4. – С. 45–57.
4. Какунов Н.Б. Климатические изменения и динамика водно-тепловых условий почвогрунтов и растительности в естественном и нарушенном состоянии / Н.Б. Какунов // Геология разведки. – 1980. – № 7. – С. 134–138.
5. Клебанович Н.В. Методы обследований земель: учеб. пособие / Н.В. Клебанович – Минск: БГУ, 2011. – 208 с.
6. Лавриненко И.А. Геоботаническое районирование восточноевропейских тундр как основа сохранения их ресурсов и биоразнообразия / И.А. Лавриненко // Биоразнообразие экосистем Крайнего Севера: Инвентаризация. Мониторинг. Охрана : сборник докладов II Всероссийской научной конференции. – Сыктывкар, 2013. – С. 64–71.
7. Москалев А.А. Статистические методы в экологии с использованием R, Statistica, Excel и SPSS / А.А. Москалев, А.Б. Новиковский. – Сыктывкар, 2014. – 197 с.
8. Руофф З.Ф. Типы тундры в районе Воркуты и их связь с многолетнемерзлыми породами / З.Ф. Руофф // Тр. сев.отд. Ин-та мерзлотоведения им. В.А. Обручева АН СССР. – Сыктывкар, 1960. – Вып. 1. – С. 147–168.

Сочетание обоих (по растительности и степени дренированности) классификационных схем можно описать с использованием кратких аббревиатурных формул. К примеру, если степень дренированности котловины № 13 составила 41%, закустаренности 59%, залуженности 22% ее пространственную ландшафтную структуру можно выразить формулой $D_{41}/K_{59}L_{22}$, где в нижнем регистре используются значения процентов. Такие формулы целесообразно применять для оценки ландшафтной неоднородности отдельно взятых котловин. При характеристике групп котловин определенной территории (ландшафта, урочища и т.д.) целесообразнее использовать формулы на уровне классификационных групп. Данные формулы описывают более широкие диапазоны рассмотренных ландшафтных характеристик. Котловина $D_{41}/K_{59}L_{22}$ рассматривается как $D_I/K_{II}L_{II}$, являясь слабодренированной, среднезакустаренной и среднезалуженной. Сочетание примененных методов геоинформационного и классификационного анализов ландшафтов показали, что в урочище Пятембой-Гладь преобладают котловины $D_{II}/K_{II}L_{I-II}$.

Данные классификационные формулы, основанные на схеме разделения по степени дренированности и составу растительности, могут использоваться для характеристики ландшафтной дифференциации естественно дренированных термокарстовых озерных котловин, широко распространенных в Большеземельской тундре [3]. Анализ двух наиболее крупных естественно-дренированных котловин в пределах урочища Пятембой-Гладь показал их сходство как по степени дренированности, так и составу растительности. Дренаж данных котловин произошел ранее чем 1960-е гг., в настоящее время они являются умеренно-дренированными, среднезакустаренными и слабозалуженными.

ОХРАНА БОЛОТ В БЛИЖНЕМ ПОДМОСКОВЬЕ: ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ

Н.Г. Кадетов

Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия, biogeonk@mail.ru

В работе приводятся результаты обследования болот на северо-западной периферии Московской агломерации, где они наиболее нуждаются в охране. Показаны основные варианты представленных болотных комплексов, отмеченные редкие и охраняемые виды. Приводятся основные угрозы сохранности болот и первоочередные объекты для организации территориальной охраны.

Подмосковье отличается значительным флористическим и ценогическим богатством [6, 7, 9, 10, 12 и др.]. Одной из его причин служит существенное ландшафтное разнообразие территории: в регионе выделяются 7 ландшафтных провинций [1], значительно различающихся по условиям формирования растительного покрова. Ближнее Подмосковье – территория расширения урбанизированных ландшафтов Московской агломерации – расположено в границах Московской, Москворецко-Окской и Мещерской провинций. Для данной части Москворецко-Окской провинции болотные фитоценозы не свойственны и представлены лишь небольшими заболоченными фрагментами среди лесов, не содержащими в своём составе редких и охраняемых видов. Мещёрская провинция, наоборот, является наиболее заболоченной частью региона, однако в её границах, в том числе в Ближнем Подмосковье, имеется целый ряд особо охраняемых природных территорий (ООПТ), как то заказник «Озёрный» и др.

Наиболее остро вопрос охраны болот стоит в Московской провинции, основная часть которой приходится на северо-запад Ближнего Подмосковья. Для неё характерны небольшие болота среди хвойных и смешанных лесов. Преобладают олиготрофные пушицево-кустарничковые сфагновые болота с сосной (*Pinus sylvestris* L.). Реже встречаются минеротрофные ключевые болота.

В связи со спецификой своего положения и сравнительно небольшой занимаемой площадью, болота здесь, несмотря на близость к населённым пунктам, до конца XIX в. в значительно меньшей степени подвергались антропогенным нагрузкам, чем в ряде других районов Подмосковья. За счёт этого они в значительной степени сохраняли свой состав и структуру, включая многие редкие для региона виды. Часть болот подверглась освоению во время интенсивной добычи торфа в первой половине XX в., однако к началу XXI в. они во многом восстановили присущие им черты.

Основные угрозы сохранению болотных комплексов в этой части Ближнего Подмосковья возникли в 1980-е гг. в связи с началом массовой организации садоводческих товариществ и последующей дачной застройкой, в ряде случаев в последствии сменившейся строительством многоэтажных домов.

В 2015–2024 гг. проводились обследования всех болот на северо-западе Ближнего Подмосковья. Всего были обследованы более 20 болотных комплексов.

В числе наиболее характерных для района – комплекс Курочкиного болота в верховьях р. Баньки (Солнечногорский городской округ). В окружении собственно болота преобладают еловые (*Picea abies* (L.) Karst) и сосново-еловые черничные (*Vaccinium myrti-*

lus L.) и бруснично-черничные (*Vaccinium vitis-idaea* L.) сфагново-зеленомошные леса; также представлены сосново-елово-берёзовые (*Betula pendula* Roth., *B. pubescens* Ehrh.) бруснично-черничные зеленомошно-сфагновые леса. Болото в первой трети XX в. подвергалось торфоразработке, однако к настоящему моменту в значительной степени приблизилось к вероятному исходному облику. Этому, в числе прочего, по всей видимости способствовали как неполная его выработка, так и сравнительно не крупные размеры (320×200 м). К юго-востоку от него имеется ещё одно, в прошлом подвергшееся торфоразработкам болото, однако выработанное в значительно большей степени – ныне его занимает зарастающее сплавиной оз. Чёрное [4]. Растительный покров болота постепенно меняется от периферии к центральной части болота. По периферии представлены заросли ивы пепельной (*Salix cinerea* L.) чередующиеся с влажнотравно-серовейниково-осоковыми (*Calla palustris* L., *Comarum palustre* L., *Calamagrostis canescens* L.) сфагновыми сообществами и пушистоберёзовыми черничными и камышовыми (*Scirpus sylvaticus* L.) сфагновыми пятнами. При продвижении к центру болота они сменяются пушистоберёзовыми с сосной мирново-осоковыми (*Chamaedaphne calyculata* (L.) Moench, *Carex globularis* L.) сфагновыми лесами со значительным участием клюквы болотной (*Oxycoccus palustris* Pers.). Внешняя часть болота представляет собой сочетание клюквенно-осоково-миртовых сфагновых с единичными соснами и берёзами и мирново-осоково-пушицевых (*Eriophorum vaginatum* L.) сфагновых сообществ, встречается рослянка круглолистная (*Drosera rotundifolia* L.). Во внутренней части болота преобладают кустарничково-пушицево-осоковые с клюквой, миртом и подбелом (*Andromeda polifolia* L.) сфагновые с единичными берёзами, соснами и елями (до 3,5 м высоты) сообщества. Пятнами представлены сообщества с доминированием занесённой в Красную книгу Московской области (ККМО) [3] шейхцерии болотной (*Scheuchzeria palustris* L.) – осоково-пушицево-шейхцериевые сфагновые. Чередуются протяжённые линейные гряды с сосновыми пушицево-кустарничковыми (в основном – голубично-багульниковыми (*Vaccinium uliginosum* L., *Ledum palustre* L.)) сфагновыми сообществами и плоские пониженные участки правильной формы с кустарничково-пушицево-осоковыми сфагновыми сообществами с шейхцерией. В центральных частях пониженных участков есть водоёмы, в водах которых отмечены пузырчатка обыкновенная (*Utricularia vulgaris* L.), кубышка жёлтая (*Nuphar lutea* (L.) Sm.) и кувшинка белоснежная (*Nymphaea candida* J. Presl & C. Presl), в крайне небольшом числе встречена занесённая в ККМО пузырчатка малая (*Utricularia*

minor L.). Обилие шейхцерии увеличивается при приближении к берегам водоёмов. В 2019 г. после многочисленных попыток в прошлом, Курочкино болото было объявлено памятником природы регионального значения.

Также довольно характерны представленные в районе исследований небольшие олиготрофные и олиго-мезотрофные болота – менее 100 м в диаметре. В их числе упомянем небольшое болотце на левобережье р. Сходни. В центре его выделяются два участка, разделённые фрагментом соснового сфагнового леса. На первом из них размером примерно 25×40 м сформировалось шейхцерииво-пушицево-миртовое сфагновое сообщество с единичными соснами высотой не более 8 м. Второй участок несколько более облесён – проективное покрытие сосен достигает 30–35% и занят мирново-пушицевым сфагновым сообществом с клюквой, багульником, голубикой.

Другое небольшое болотце расположено существенно западнее – на левобережье р. Истры. Основная часть его представляет собой сплавицу с мирново-осоковым сфагновым сообществом с единичными соснами и берёзами. В травяно-кустарничковом ярусе обычны клюква болотная, осоки вздутая (*Carex rostrata* Stokes), шаровидная (*C. globularis* L.) и чёрная (*C. nigra* (L.) Reichard), пушица влагалищная, росянка круглолистная. В составе подобного сообщества отмечена шейхцерия болотная. Пятнами – пушицево-осоковые сообщества с участием пушицы узколистной (*Eriophorum angustifolium* Honck.), осоки сероватой (*Carex canescens* L.), кизляка кистецветного (*Naumburgia thyrsoiflora* (L.) Reichenb.), вейника седеющего. Центральная часть болота занята водоёмом, в водах которого отмечены рдест плавающий (*Potamogeton natans* L.) и пузырчатка обыкновенная, а по берегам – осоково-вахтовое (*Menyanthes trifoliata* L.) сфагновое сообщество с участием рогоза широколистного (*Typha latifolia* L.) и группами ивы пепельной, осины (*Populus tremula* L.) и берёзы пушистой.

Наиболее крупные участки болот представлены по сплавицам сравнительно крупных озёр на западе территории. К ним, в частности, относятся несколько связанных озёр к югу от пос. Нахабино. Большая часть болотного комплекса здесь занята сочетанием злаково-влажнотравных и сабельниково-осоковых сфагновых сообществ, тростниковых (*Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud.) зарослей и куртин ивы пепельной с участием небольших групп берёзы пушистой. Наиболее обычны сабельник, осоки острая (*Carex acuta* L.), сероватая и вздутая, полевница побегообразующая (*Agrostis stolonifera* L.), кизляк кистецветный, ситники (*Juncus effusus* L., *J. filiformis* L.) и др.; пятнами – клюква болотная. Реже встречаются рогоз широколистный, щитовник гребенчатый (*Dryopteris cristata* (L.) A. Gray), звездчатка длиннолистная (*Stellaria longifolia* H.L. Muhl. ex Willd), цикута (*Cicuta virosa* L.). При приближении к озёрам увеличивается встречаемость болотного мирта, голубики и пушицы влагалищной. Отмечаются небольшие клюквенно-мирново-осоковые луговины с осоками вздутой и шировидной (единично), росянкой круглолистной и др. Встречаются пятна сырых частью заболоченных влажнотравно-осоковых, серовейниковых лугов. Между участками болот и лугови-

нами имеются небольшие перелески с сосново-берёзовыми ивовыми сфагновыми сообществами, где на стволах сосен единично отмечена усnea жёстковолосатая (*Usnea hirta* (L.) Wigg.) (занесена в ККМО). На берегах озёр сформировались тростниковые заросли с телиптерисом (*Thelypteris palustris* Schott) и единично – белокрыльником, чередующиеся с кустами ивы пепельной и группами небольших берёз. Обычны рогоз широколистный, двукисточник (*Phalaroides arundinacea* (L.) Rauschert), осоки вздутая, острая и пузырчатая (*Carex vesicaria* L.), манник плавающий (*Glyceria fluitans* (L.) R. Br.), камыш лесной. На наиболее заболоченных участках берегов произрастают вахта и частуха подорожниковая (*Alisma plantago-aquatica* L.).

Особого упоминания заслуживают болота, окружённые городской застройкой и, тем не менее, сохраняющие природоохранную значимость. Ярким их примером служат Губайловские болота, расположенные практически в самом центре г. Красногорска – административного центра Московской области. Они представляют собой два небольших болота (порядка 190×120 м), разделённых полосой берёзово-соснового леса. На южном болоте внешний пояс составляют осиново-пушистоберёзовые серовейниково-пушицевые сфагновые редины в сочетании с пятнами кустов ивы пепельной. Здесь встречаются клюква болотная, кизляк, белокрыльник, осока вздутая, пушица узколистная, болотный мирт; единично – низкорослые сосны. Он сменяется мирново-клюквенно-пушицевым сфагновым сообществом с единичными берёзами и соснами с участием ив. Центральная часть болота занята пушицево-осоково-клюквенно-миртовым сфагновым сообществом с соснами и единичными берёзами. Единично отмечен подбел болотный.

Северное болото в большей степени обводнённое на периферии – часто со стоячей водой – значительно менее доступное для посещения. В краевой его части представлены сообщества берёзы пушистой с участием ив пепельной, пятитычинковой (*Salix pentandra* L.) и шерстистопобеговой (*S. dasyclados* Wimm.), а также смородины чёрной (*Ribes nigrum* L.). Здесь на обводнённых участках встречаются ряска малая (*Lemna minor* L.), многокоренник (*Spirodela polyrhiza* (L.) Schleid.), лютик ядовитый (*Ranunculus sceleratus* L.) и ричия плавающая (*Riccia fluitans* L.). За ними следует сравнительно широкий пояс разреженных пушистоберёзовых с примесью осины ивовых влажнотравных лесов. Они сменяются серовейниковыми сфагновыми луговинами с участием ивы пепельной, рогоза широколистного, клюквы, болотного мирта (единично) и единичными низкорослыми соснами.

Внутренняя часть болота занята тремя основными сообществами. В центре болота представлены сосновые с единичными берёзами клюквенно-осоковые (*Carex lasiocarpa* Ehrh.) сфагновые сообщества с единичным подростом осины и участием болотного мирта, пушицы влагалищной, рогоза широколистного, росянки круглолистной. Здесь местами довольно обилён занесённый в ККМО дремлик болотный (*Epipactis palustris* (L.) Crantz). Пятнами среди них встречаются густые берёзово-сосновые мирново-осоковые сфагновые сообщества с клюквой, ивами мирзинолистной (*Salix myrsinifolia* Salisb.) и козьей (*S. caprea* L.), где

также отмечается дремлик болотный. Дополнением им служат ивовые клюквенно-осоковые сфагновые заросли с участием таволги вязолистной (*Filipendula ulmaria* (L.) Maxim.), вербейника обыкновенного (*Lysimachia vulgaris* L.), фиалки сверху-голой (*Viola epipsila* Ledeb.), пушицы узколистной, сабельника, дремлика болотного, где единично отмечена занесённая в ККМО хаммарбия болотная (*Hammarbya paludosa* (L.) Kuntze). В северной и северо-западной частях болота представлены рогозовые сфагновые сообщества с единичными берёзами и соснами при участии болотного мирта, сабельника клюквы, дремлика болотного (единично), телиптериса, лапчатки прямостоячей (*Potentilla erecta* L.). Ближе к краю болота они сменяются телиптерисово-рогозовыми с единичным подростом ольхи чёрной (*Alnus glutinosa* (L.) Gaertn) при участии хвоща болотного (*Equisetum palustre* L.).

Особняком среди всех болот территории стоит болото Кольчиха, ставшее одним из первых памятников природы, охраняющих болота в Ближнем Подмосковье (организован в 1987 г.). В границы ООПТ входит без преувеличения уникальное минеротрофное болото с комплексом редких растений [2, 5 и др.]. Здесь отмечается высокая концентрация охраняемых видов, а сформировавшиеся в центральной части котловины близ р. Кольчихи болотные сообщества представляют исключительную редкость для Подмосковья в целом. На заболоченных участках в разной степени выражен низкорослый древостой, в сложении которого участвуют сосна, берёза пушистая и ольха серая (*Alnus incana* (L.) Moench). Яркой особенностью является кустарниковый ярус, образованный преимущественно ивами розмаринолистной (*Salix rosmarinifolia* L.), мирзинолистной и пепельной при участии ивы пятигичиновой, а также крушины (*Frangula alnus* Mill.). Проективное покрытие травяно-кустарничкового яруса достигает местами 75-80%. Доминируют в нём хвощ приречный (*Equisetum fluviatile* L.), осоки (сближенная (*Carex appropinquata* Schumach.), чёрная, вздутая, жёлтая (*C. flava* L.)), режа – пушица узколистная и вейник седеющий. Кроме того, в сложении яруса участвуют грушанка круглолистная (*Pyrola rotundifolia* L.), вербейник обыкновенный, щитовник игольчатый (*Dryopteris*

carthusiana (Vill.) Н.Р.), белозор болотный (*Parnassia palustris* L.) и др. Здесь же отмечены значительные по численности популяции пальчатокоренника балтийского (*Dactylorhiza baltica* (Klinge) Nevski) и дремлика болотного (оба – в ККМО). Отмечены синюха голубая (*Polemonium caeruleum* L.), пальчатокоренник мясокрасный (*Dactylorhiza incarnata* (L.) Soó), тайник яйцевидный (*Listera ovata* (L.) R. Br.), мякотница однолистная (*Malaxis monophyllos* (L.) Sw.), мытник скипетровидный (*Pedicularis sceptrum-carolinum* L.). Особого упоминания заслуживает хвощ пёстрый (*Equisetum variegatum* Schleich. ex Weber & D. Mohr), для которого Кольчиха – по сути единственное длительное время наблюдаемое природное местообитание в области. В моховом покрове также представлены виды, включенные в ККМО – филолотис бранденбургский (*Philonotis marchica* (Hedw.) Brid.) (крайне редкий в Подмосковье вид, до начала 2010-х гг. известный в регионе только с болота Кольчиха) и томентипнум блестящий (*Tomentypnum nitens* (Hedw.) Loeske). Важным явлением в истории болота Кольчиха стало развитие в 1980-1990-е гг. садового некоммерческого товарищества близ него и процессы изменения водного режима болота. Всё это негативно сказалось на сохранности его природных комплексов [5, 8].

В числе типичных черт болотных массивов на северо-западной периферии Московской агломерации – небольшие размеры, близость к разного рода населённым пунктам (иногда – непосредственное соседство) или садовым некоммерческим товариществам и, в ряде случаев, освоение в прошлом за счёт добычи торфа. Наиболее значимые угрозы для их сохранности в целом близки к таковым для всех ценных природных комплексов Ближнего Подмосковья [11]: застройка, утрата в ходе как естественных процессов, так и за счёт антропогенной трансформации (в том числе за счёт рекреации), инвазии чужеродных видов. Часть обследованных болот за указанный период вошла в состав различных особо охраняемых природных территорий. Однако некоторые всё ещё требуют принятия территориальных мер охраны. В их числе особо отметим Губайловские болота и болота на левобережье р. Баньки в Краснороске, болота в верховьях р. Грязевка и др.

Автор выражает искреннюю благодарность всем коллегам, участвовавшим в обследовании болот Ближнего Подмосковья, в особенности – сотрудникам Природоохранного фонда «Верховье», без помощи и консультаций которых работы были бы невозможны, а также В.Н. Ермолову.

Список литературы

1. Анненская Г.Н., Жучкова В.К., Калинина В.Р. и др. Ландшафты Московской области и их современное состояние. – Смоленск: СГУ, 1997. – 296 с.
2. Кадетов Н.Г., Сулова Е.Г. Инвазионные растения на региональных особо охраняемых природных территориях Московской области // Биоразнообразие: подходы к изучению и сохранению: материалы Междун. конф. – Тверь, 2017. – С. 131-133.
3. Красная книга Московской области (издание третье, дополненное и переработанное) /отв. ред. Т.И. Варлыгина, В.А. Зубакин, Н.Б. Никитский, А.В. Свиридов – Московская обл.: ПФ «Верховье», 2018. – 810 с.
4. Насимович Ю.А. Природа окрестностей Середникова. – М.: НИИ охраны природы, 1999. – 40 с. Рук. деп. в ВИНТИ 25.06.1999, N 2034-B99.
5. Насимович Ю.А., Савельев В.И., Игнатов М.С. и др. Кольчиха – уникальное для Ближнего Подмосковья ключевое болото: геоморфология, гидрография, флора и фауна. – М., 2010 [Электронный ресурс]. – https://temnyjles.ru/Nasimovich_kraevedenie/Kolchiha.shtml.
6. Огуреева Г.Н., Микляева И.М., Сулова Е.Г., Швергунова Л.В. Растительность Московской области. Пояснительный текст и легенда к карте / Под ред. Т.В. Котовой. Глав. ред. Г.Н. Огуреева. (М 1:200 000). – М.: «Экор», 1996. – 45 с.
7. Рысин Л.П. Леса Подмосковья. – М.: Тов-во науч. изд. КМК, 2012. – 256 с.
8. Рысин Л.П., Рысин С.Л. Лесопарковый защитный пояс Москвы. – М.: Биоинформсервис, 1998. – 54 с.
9. Сулова Е.Г. Леса Московской области // Экосистемы: экология и динамика. – 2019. – Т. 3, № 1. – С. 119-190.

10. Сулова Е.Г., Варлыгина Т.И., Русанов А.В. Охрана редких видов растений в Подмоскowie. – Saarbrücken, Deutschland Lambert Academic Publishing, 2015. – 76 с.
11. Сулова Е.Г., Кадетов Н.Г. Проблемы сохранения растительных сообществ в Ближнем Подмоскowie // Вопросы географии. Сб. 156. Современная биогеография Северной Евразии. – М.: Медиа-Пресс, 2023. – С. 134-143.
12. Щербаков А.В., Любезнова Н.В. Список сосудистых растений Московской флоры. – М.: ООО «Галлея-Принт», 2018. – 160 с.

ФОРМИРОВАНИЕ И ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ НИЗИННЫХ ОСОКОВЫХ БОЛОТ ПОЛЕСЬЯ НА ПРИМЕРЕ БОЛОТА ЗВАНЕЦ

А.В. Козулин

Научно-практический центр НАН Беларуси по биоресурсам, Беларусь, Минск, kozulinav@yandex.ru

На основании анализа литературы и собственных данных описано происхождение и функционирование болота Званец – одного из последних сохранившихся в близком к естественному состоянию низинных осоковых болот Европы, имеющих международное значение для сохранения биологического разнообразия. Выдвинута гипотеза происхождения гумифицированного слоя торфа над меловыми отложениями на минеральных островах.

Открытые низинные мелкозалежные осоковые болота до широкомасштабной мелиорации были широко распространены в Полесье, где насчитывалось 44 болота каждое с площадью более 5 тысяч га. К настоящему времени в естественном состоянии в Полесье сохранилось только 2 крупных массива осоковых низинных болот – Званец (16,8 тыс. га) и Споровское (19,3 тыс. га), которые являются последними местообитаниями ряда глобально исчезающих видов птиц, насекомых и растений. За последние 20 лет из-за прекращения сенокосения площадь открытых осоковых участков на болоте Званец уменьшилась с 8000 га до 3500 га. В результате они теряют свое значение для сохранения глобально значимого биоразнообразия. Для сохранения этих уникальных экосистем предпринимается ряд мероприятий: регулирование водного режима и качества воды, удаление тростника и кустарников, управляемое выжигание и др. Оценку эффективности и целесообразности этих мероприятий необходимо проводить с учетом особенностей происхождения и функционирования низинных осоковых карбонатных болот. Одними из основных не до конца выясненных проблемных вопросов являются: значимость поверхностных вод в водном питании болота и их влияние на зарастание открытых болот кустарниками и тростником, происхождение болота и особенно происхождение островов с карбонатными отложениями перекрытыми разложившимся торфом, причины небольшой глубины торфа при возрасте более 4400 лет.

Болотный массив Званец (ранее назывался Головицкое болото) расположен в междуречье Днепро-Бугского канала и его притоков Белоозерского и Ореховского каналов. По материалам разведки проектно-исследовательского института «Росторфразведка» площадь болота составляла 40 000 га [7]. После кампании по осушению в конце 1990-х гг. в неосушенном состоянии сохранилась западная часть болота площадью 16 227 га. С южной и северо-западной сторон болотный массив ограничен мелиоративными системами, с запада каналом Ореховский и с востока Белоозерским каналом (рисунок 1). Это крупнейшее в Европе низинное осоковое болото мезотрофного типа с многочисленными

ми открытыми островами. По площади преобладает низинное мелкозалежное осоковое болото (7366,9 га, 45%) с глубинами торфа около 1 м. Минеральные острова разных размеров (от 0,2 до 10 га), возвышающиеся над поверхностью болота на 1-1,3 м, разбросаны по всему массиву. Леса и кустарники занимают 39% площади. Для сохранения этой уникальной болотной экосистемы в 1996 г. был образован Республиканский биологический заказник «Званец», который в 2010 г. преобразован в ландшафтный заказник с площадью 16 227 гектара. В 2002 г. заказнику присвоен статус водно-болотного угодья международного значения (Рамсарское угодье).

Происхождение и формирование болота Званец. Сложное бугристое ложе болота Званец, также, как и многих других низинных болот Полесья, образовалось в результате передвижения больших масс воды при таянии сожского и валдайского ледников [4]. Край сожского ледника располагался на границе Полесья и при таянии и передвижения больших масс воды образовывались широкие долинно-зандровые и аллювиальные равнины. Вода намывала вытянутые в направлении течения воды (с юго-запада на северо-восток) песчаные наносы сложной формы и именно таким образом образовались песчаные острова на болоте Званец. Течение воды проходило широким фронтом (около 12 км) между двумя крупными песчаными дюнами. Одна дюна расположена в районе Днепро-Бугского канала и вторая – на юге, на которой расположены деревни Дивин, Повитье, Радостово, Сварынь. Дюны вытянуты с запада на восток. Формирование сложного ложа болота с многочисленными буграми связано с эрозионной деятельностью водно-ледниковых потоков при таянии рисского ледника [1, 9]. Сходное происхождение и строение ложа с многочисленными островами имеют большинство мелкозалежных низинных болот Полесья.

В атлантический период на территории болота Великий лес (Званец) существовал мелководный водоем, в пределах которого постепенно с потеплением происходили процессы седиментации илистого и песчано-илистого материала [10] (рисунок 2а). Нашими исследованиями под слоем торфа обнаружены озерные отло-

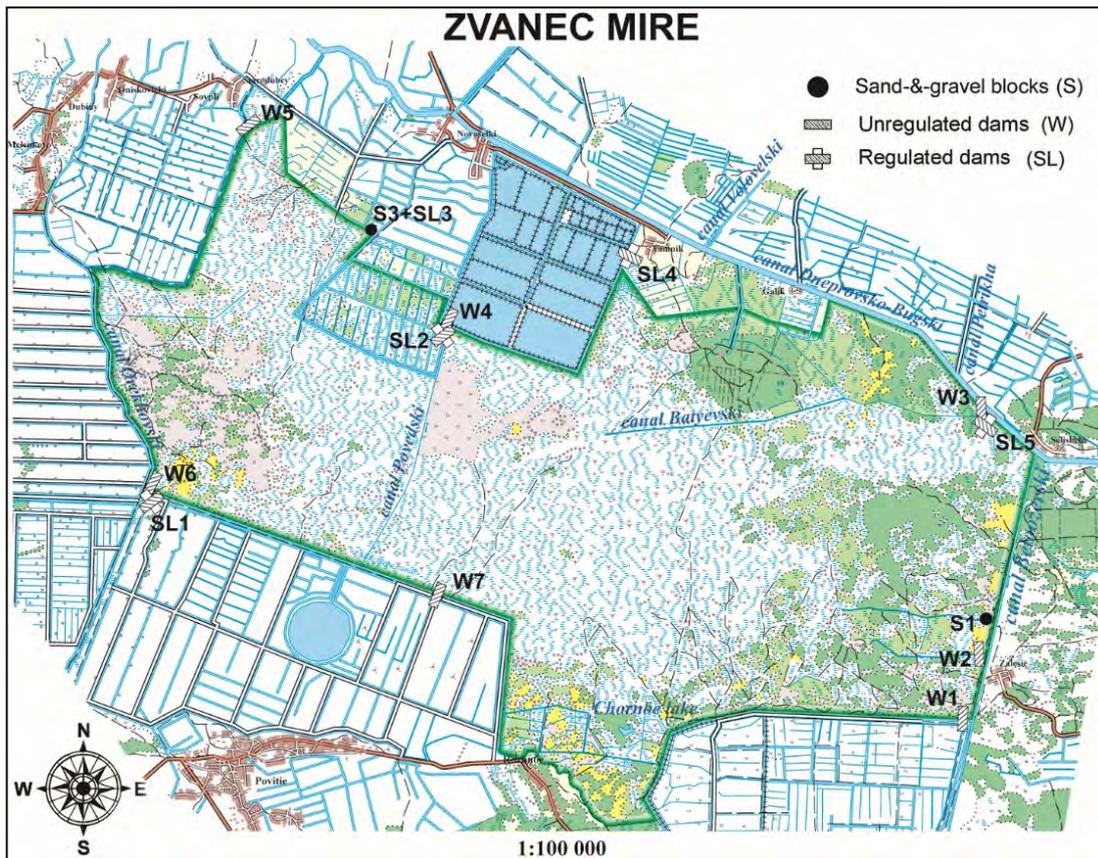


Рисунок 1 – Болото Званец со всех сторон окружено мелиоративными системами и каналами

жения, что подтверждает присутствие здесь некогда (мелкого) водоема. Глубина водоема составляла около 2-3 м. Спорово-пыльцевой анализ подтверждает существование древнего водоема в суббореальный период на месте современного болота, о чем свидетельствуют многочисленные водные растения *Typha latifolia*, *Nymphaea*, *Nuphar*, *Sparganium*, *Lemna*, а также водоросли *Pediastrum boryanum*, *P. duplex*, *P. integrum*, *P. angulosum*. Присутствие *Myriophyllum* свидетельствует о том, что глубина воды иногда достигала 3 метров [12]. Минеральные острова также были покрыты водой (см. рисунок 2а).

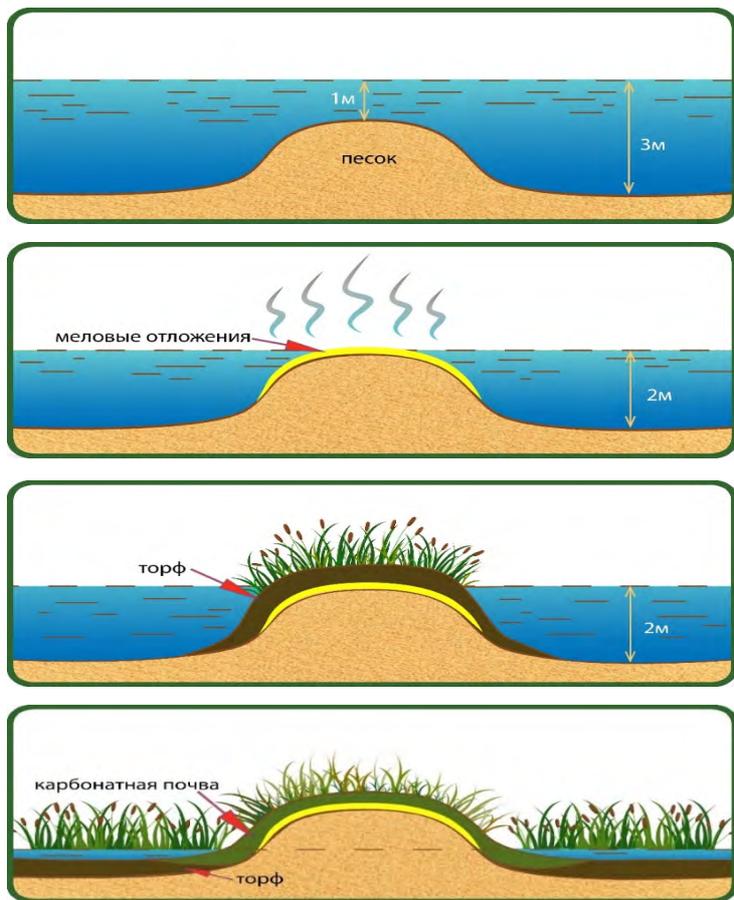
Водное питание этого мелководного водоема обеспечивалось в значительной степени за счет подземных вод карстового типа, которые выходили на поверхность в основном через карстовые озера [6, 11]. К озерам карстового типа относится и озеро Любань, которое до осушения входило в состав торфяника (около д. Дивин) [2]. Из-за отсутствия водоупора на территории Брестского артезианского бассейна подземные карстовые воды, характеризующимися повышенным содержанием Ca^{2+} и HCO_3^- , выходят на поверхность и свободно смешиваются с грунтовыми и поверхностными.

Изучение срезов почв показало, что на всех болотных островах под слоем почвы (гумифицированного торфа) 20-40 см залегает слой меловых отложений, тогда как на остальной поверхности болота он отсутствует [9] (рисунок 2б). Наиболее правдоподобной гипотезой считается, что меловые отложения образовались только на мелководьях (на верхушках островов, а также в береговой зоне водоема) за счет осаждения и выпаривания карбонатных вод, насыщенных CaCO_3 [9]. В условиях мелководий в сухие сезоны в поверх-

ностном слое воды могло создаваться перенасыщение CaCO_3 . В более глубоких местах не создавались условия для образования меловых отложений [5, 3]. Нами проведена нивелировка верхней границы меловых отложений на разных островах. Поверхность меловых отложений на разных островах находится на почти одинаковой высоте, что подтверждает выше описанный механизм образования меловых отложений (рисунок 3).

Карбонатные отложения на островах перекрыты слоем минерализованного торфа 30-40 см и до недавнего времени не было гипотез о его происхождении. Нами выдвинута следующая гипотеза. В период существования древнего озера, его мелководья (верхушки островов и береговая зона водоема) начали зарастать болотной растительностью с формированием торфа поверх меловых отложений (рисунок 2в). На больших глубинах сохранялась открытая вода. Около 5 тысяч лет назад из-за образования ложбин стока и рек древнее озеро было спущено, уровень воды в водоеме понизился, и острова оказались выше уровня воды. Образовавшийся ранее слой торфа на верхушках островов в результате минерализации и накопления гумуса преобразовался к настоящему времени в карбонатные почвы. В этот же период большая часть водоема стала мелководной, покрылась болотной растительностью и начался процесс образования болота (рисунок 2г).

Особенности гидрологического режима и причины мелкой (около 1,2 м) залежи торфа. Процессы торфообразования на болоте Званец началось около 4400 ± 170 лет назад. Определение абсолютного возраста болота проводилось радиоуглеродным методом, и на основании послойного спорово-пыльцевого анализа [12].



а) В начале голоцена в субарктический период, 9800–1200 лет назад болото Званец представляло собой древний мелководный водоем с глубинами 1-3 м площадью около 40 тыс. га с многочисленными песчаными островами, намытыми массовыми потоками вод с тающих ледников.

б) 10000-8000 лет назад: Водное питание водоема обеспечивалось за счет подземных карстовых вод, которые смешивались с грунтовыми водами. На вершущах островов за счет осаждения и выпаривания карбонатных вод, перенасыщенных CaCO_3 , образуется слой меловых отложений. На более глубоких местах карбонатный слой отсутствует.

в) 8000–6000 лет назад. В период существования древнего озера, его мелководья (вершуща острова) начали зарастать болотной растительностью с формированием торфа на мелководьях островов поверх меловых отложений. На больших глубинах сохранялась открытая вода.

г) Примерно около 4000 лет назад уровень воды в древнем водоеме понижается. Острова оказались выше уровня воды и торф на островах минерализуется с преобразованием в карбонатные почвы. В этот же период большая часть древнего водоема превратилась в мелководья, на которых началось формирование болота.

Рисунок 2 – Формирование болота Званец

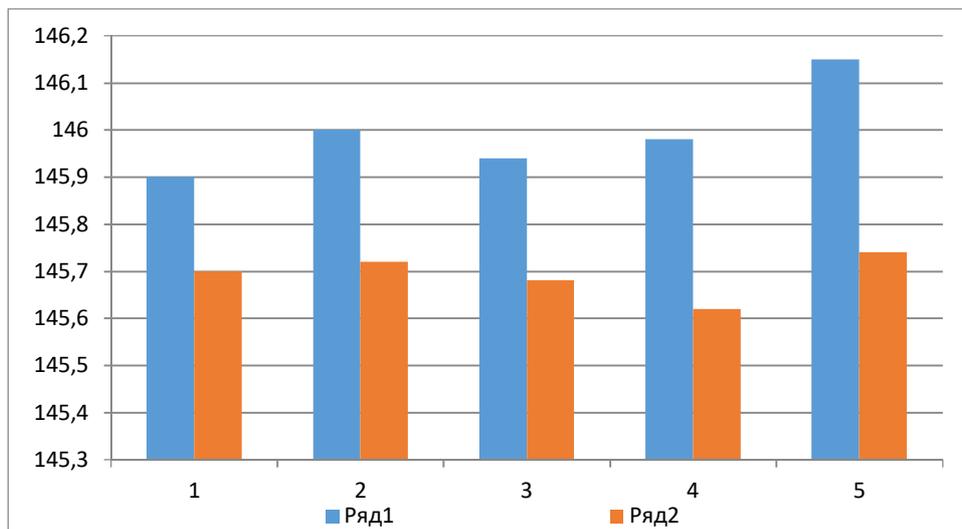


Рисунок 3 – Абсолютные высоты (м) поверхности островов (ряд 1) и верхней границы слоя меловых отложений (ряд 2)

Образование торфяной залежи происходило за счет отложения, почти во всех случаях, тростникового торфа, который перекрывался осоковым, иногда тростниково-осоковым мощностью 0,5 м. Изредка у дна откладывался тростниково-осоковый торф, перекрытый сверху осоковым степенью разложения 20-25%. Глубина залежи торфа, не смотря на возраст около 4400 лет, составляет в среднем 1 м.

Систематическое изучение динамики уровней воды проводили с 1999 г. До 2010 г. данные собраны наблюдателями на мониторинговых скважинах через каждые

семь дней. С 2010 г. данные получены с автоматических датчиков, установленных в южной и северной части болота.

Мониторинговые исследования показывают, что естественный гидрологический режим болота Званец типичен для низинных болот Полесья (рисунок 4). Весной в результате общего подъема уровня грунтовых вод (УГВ) на болоте составляет 20-50 см выше уровня почвы. Затем вместе с понижением уровня грунтовых вод уровень воды на болоте постепенно снижается обычно к началу-середине мая до уровня поверхности

земли. С июня по сентябрь-октябрь в результате фильтрации и превышения испарения над осадками УГВ продолжает постепенно снижаться до 10-50 см ниже уровня почвы. Поздней осенью начинается медленное повышение уровня воды. В отдельные годы наблюдаются значительные отклонения от описанного гидрологического режима, которые, однако, не нарушают общую тенденцию. В одни годы высокий уровень воды

сохраняется с апреля по конец июня (2005 г.), в другие весенний паводок очень короткий. Редко наблюдается полное отсутствие весенних паводков и значительное снижение уровней воды уже в мае (2001, 2004, 2015 гг.). Ярко выраженная летне-осенняя межень объясняется отсутствием подстилающих торф водоупорных пород. Ложе болота представлено хорошо проницаемыми песками, что увеличивает дренированность болота.

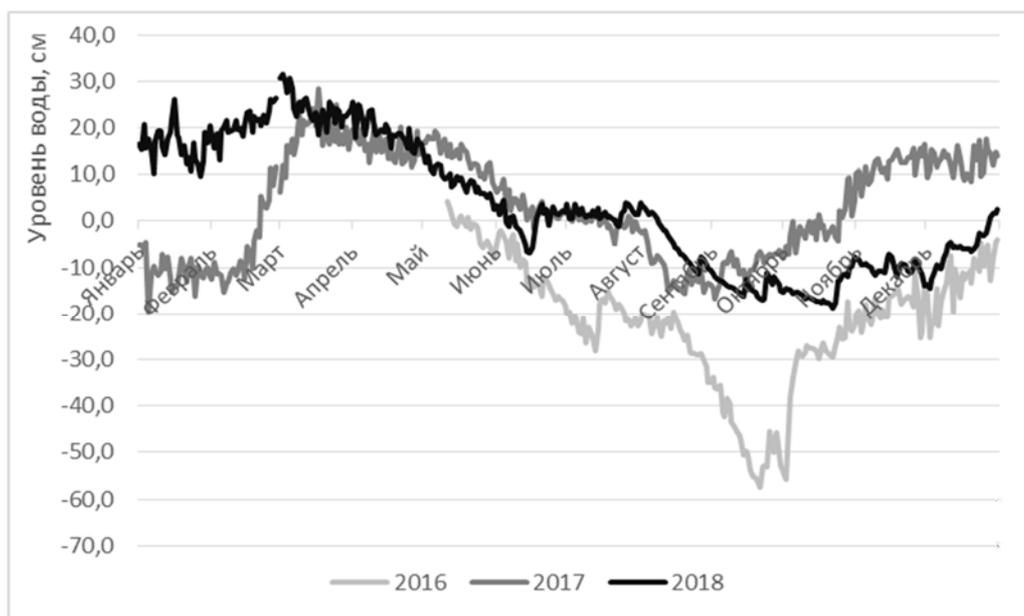


Рисунок 4 – Динамика УГВ на болоте Званец в 2016-2018 гг. (0 – уровень поверхности земли)

Таким образом, почти ежегодно с июля по октябрь уровень воды опускается ниже поверхности торфа, что приводит к минерализации верхней части залежи торфа. Минерализация торфа при не стабильном уровне воды и объясняет малую глубину залежи торфа и низкие среднегодовые темпы прироста торфяного слоя (0,3 мм в год) [12].

Вода в регионе заказника отличается высокой минерализацией в основном из-за высокой концентрации кальция и гидрокарбоната (болото расположено в Волыно-Любанском карстовом регионе). Минерализация воды в южной части болота составляет 312-325 мг/л, в северной минерализация снижается до 205-213 мг/л. Вероятно, подземные карстовые воды, характеризующимися повышенным содержанием Ca^{2+} и HCO_3^- , смешиваются с грунтовыми водами и поступают на болото только в южной части [14]. Общий уклон поверхности болота с юго-запада на северо-восток. Подземные воды, вероятно, смешиваются и разбавляются грунтовыми водами, чем и объясняется снижение минерализации в направлении с юга на север [14]. Гидравлическая связь грунтовых вод на болоте с водами древних аллювиальных водоносных отложений объясняется тем что подстилающие породы представлены водопроницаемыми песками мощностью до 14 м.

В рамках выполнения плана управления заказником «Званец» в 2014-2018 гг. был реализован ряд мероприятий по оптимизации гидрологического режима болота Званец. Для предупреждения избыточного сброса воды по каналам, дренирующим болото, практически на всех каналах, по которым вода вытекает из болота, были по-

строены водорегулирующие сооружения. Эти сооружения позволяют предотвратить избыточный сброс воды с болота в годы с недостатком осадков. Также были построены ряд сооружений (дамбы и шлюзы) с южной стороны болота, что позволило регулировать поступление воды на болото из Ореховского канала и насосных станций мелиоративных систем. Таким образом, после завершения выполнения мероприятий в 2019 г. впервые появилась возможность обеспечить оптимальную динамику уровней воды на болоте в годы с нормальными и избыточными осадками – избежать высоких уровней воды в вегетационный период. Однако в засушливые годы, когда общий уровень грунтовых вод в регионе снижается и уровень воды в Ореховском канале ниже поверхности болота, обеспечить оптимальные уровни воды на болоте невозможно. В 2020-2024 гг. были проведены специальные исследования возможности обеспечения водного питания болота только за счет грунтовых вод. Для этого были закрыты все шлюзы на каналах, по которым вода поступала на болото с мелиоративных систем и Ореховского канала. Проведенные измерения показали, что уровни грунтовых вод на мелиоративных системах (в период до откачки воды) и на болоте почти не отличаются. Это подтверждает гидравлическую связь воды на болоте и на прилегающих территориях. Гидравлическая связь обеспечивается наличием в подстилающих породах водопроницаемых песков мощностью до 14 м. Эта особенность позволяет обеспечить водное питание болота за счет подземных вод, смешивающимися с грунтовыми водами и осадками и исключить поступление на

болото высоко минерализованных вод с сельскохозяйственных полей.

Открытые осоковые болота в условиях Беларуси в значительной степени сформировались и поддерживались в открытом состоянии благодаря традиционной хозяйственной деятельности человека – сенокосение и выпас скота. В результате перемещения сенокосения и выпаса скота на мелиорированные площади и переселению населения из деревень в города в Беларуси в начале 1990-х гг. традиционное использование местным населением низинных болот резко снизилось или полностью прекратилось. Прекращение сенокосения и выпаса скота, а также нарушения гидрологического режима (изменения количества и качества воды) привели к быстрому зарастанию открытых низинных болот кустарниками и тростниками, что явилось основной причиной резкого снижения численности всех видов, населяющих эти экосистемы и в первую очередь стенолюбивых видов, обитающих только на этих типах биотопов

[12]. Именно этим видам (вертлявая камышевка, большой подорлик, дупель, большой веретенник, большой кроншнеп) в результате неуклонного снижения их численности был присвоен статус угрожаемых на глобальном уровне. В настоящее время очевидно, что для сохранения этих уникальных экосистем недостаточно пассивной охраны, а необходимы активные мероприятия по восстановлению традиционных форм хозяйственной деятельности, препятствующих зарастанию открытых болот кустарниками и тростниками. На примере болота Званец на мониторинговых участках апробированы различные методы борьбы с зарастанием открытых болот кустарниками и тростником (регулирование гидрорежима, косение, мульчирование, управляемое выжигание), которые позволяют сохранить открытые осоковые болота и их уникальное биоразнообразие [8]. Однако для сохранения всего болотного массива необходимо устойчивое финансирование для проведения системных мероприятий на больших площадях.

Список литературы

1. Вознячук Л.Н. К стратиграфии и палеографии неоплейстоцена Белоруссии и смежных территорий // Проблема палеографии антропогена Белоруссии. – Минск: Наука и техника, 1973. – С.45-75.
2. Геологическое строение и гидрогеологические условия Осиповского и Казацкого массива. Сводный отчет по проектному заданию «Мелиорация земель в водосборе р. Осиповкаи Казацкого каналав Брестской области» // М.: ВГПИ НИИ «Гипроводхоз», 1970. – 88 с.
3. Даниланс И.Я. О влиянии физико-географических условий на пресноводное карбонатакопление. – Тр. Ин-та геологии Латв. ССР. – Т. IX. – 1963. – С 5-10.
4. Лукашев В.К. Геохимия четвертичного литогенеза. – Минск: Наука и техника, 1970. – 296 с.
5. Македонов А.В. Современные конкреции в осадках и почвах и закономерности их географического распространения. – М.: Наука, 1966. – 284 с.
6. Маккавеев А.А. Изучение режима грунтовых вод в районах осушения // Методическое руководство по изучению режима подземных вод. – М.: - Госгеолтехиздат, 1954. – С.62-67.
7. Материалы разведки торфяного месторождения «Головчицкое болото» проектно-исследовательского института «Росторфразведка», 1951.
8. Груммо Д.Г., Максименков М.В., Козулин А.В. и др. Методические рекомендации по повышению экологической эффективности мероприятий по управлению экосистемами низинных болот. – Минск, 2022. – 45 с.
9. Михальчук Н.В. Гидрогенно-карбонатные ландшафты Полесья: генезис, состояние фитобиоты, охрана. – Нац. акад. наук Беларуси, Полесский аграрно-эколог. ин-т. – Минск: Беларуская наука, - 296 с.
10. Пидопличко А.П., Дубовец А.Г., Буеракова Т.Ф. Развитие озерно-болотных ландшафтов Белорусского Полесья в голоценовое время // Проблемы Полесья. – Минск: Наука и техника, 1975. – Вып. 4. – С. 277-287.
11. Тутковский П.А. Карстовые явления и самобитные артезианские ключи в Волынской губернии. Ст. II. Провалы почвы в бережьях рек Стохода, Стыри и Горыни // Тр. о-ва исследоват. Волыни. – 1912. – Т. VIII. – С. 79-125.
12. Ракович В.А., Симакова Г.И. Генезис болота Великий Лес и аккумуляция углерода и азота торфяной залежью // Природопользование. – Вып. 14. – Минск: ИПИПРЭ НАНБ, 2008, С. 90-96.
13. Kozulin A., Vergeichik L. Dynamics of the Aquatic Warbler (*Acrocephalus paludicola*) population at the Zvanets mire (Belarus) // Acta Zoologica Lituanica. – Vol. 16, № 4. – 2006. – P. 15-24.
14. Water management of Zvaniec mire, Belarus // Technical task force meeting / 26-28 May, «Komarovo», Divin village, Kobrin rajon, Belarus. – 2018. – 21 с.

АСАБЛІВАСЦІ СТАНУ І ДЫНАМІКІ ХВАЁВЫХ ЛЯСОЎ БАЛОТА «ШВАКШТЫ»

А.Ю. Комар¹, М.В. Ярмохін², С.А. Комар¹

¹Інстытут эксперыментальнай батанікі НАН Беларусі, Мінск, Беларусь, artur.komar07041996@gmail.com

²Батанічнае таварыства, Мінск, Беларусь

На падставе двух дрэвава-кольцавых храналогій хвой звычайнай (*Pinus sylvestris*), з дрэваў, якія растуць на кальцафітным меза-эўтрофным балоце «Швакшты», паказана, што балотныя хвойнікі ўяўляюць сабой прыклад малапарушаных высокаўзроставых лясоў. Дрэвастой хвойніка асаковага (*Pinetum caricosum*) і хвойніка асакова-сфагнавага (*Pinetum caricoso-sphagnosum*) характарызуе рознаўзроставай структурай. У хвойніку асаковым мінімальны ўзрост дрэў складае 105 гадоў, максімальны – 178,

сярэдни – 158. У хвойніку асакова-сфагнавым мінімальны ўзрост дрэў складае 92 гады, максімальны – 197, сярэдні – 156. Адсутнасць асушальных каналаў і зніжэнне ўздзеяння дамбы на руч. Чырвоным (у пачатку XX ст.), дазваляе казаць аб абмежаванасці антрапагеннага ўплыву на працягу апошняга стагоддзя. Аднаводна, дадзеная тэрыторыя можа з’явіцца патэнцыйнай для ўключэння ў запаведную зону Нацыянальнага парка «Нарачанскі».

Уводзіны. Пасля масавай асушальнай меліярацыі балотных лясоў у 1950–1980-х гг. у Беларусі амаль не захавалася лясоў, дзе бы не назіраўся яе ўплыў. Пры гэтым асушэнне хвойнікаў мае неадназначныя эканамічныя і экалагічныя наступствы [1–2]. Даследаванні, праведзеныя на тэрыторыі Белавежскай і Налібоцкай пушчаў, паказалі, што меліярацыя прывяла да перасушвання тэрыторыі [3–4] і значным зменам у структуры расліннасці балотных хвойнікаў, які сталі падобнымі да сухадольных лясоў.

У сувязі з гэтым ахова балотных тыпаў лесу, у межах якіх не праводзілася асушальная меліярацыя, у цяперашні час мае быць прыярытэтным кірункам прыродаахоўнай дзейнасці. Адною з такіх тэрыторый з’яўляецца балотны масіў «Швакшты» – патэнцыйная тэрыторыя для пашырэння запаведнай часткі Нацыянальнага парка «Нарачанскі».

Аб’екты і метады даследаванняў. Даследаванні выкананы ў высокаўзроставых балотных асаковым (Past033) і асакова-сфагнавым (Past034) хвойніках (малюнак 1) балота «Швакшты» на тэрыторыі Камайскага ляснацтва Пастаўскага лягаса.

Хвойнік асаковы займае ўскраек балота ў даліне руч. Чырвоны (левы прыток р. Страча) на мяжы з су-

хадолам, а асакова-сфагнавы сфармаваўся на мяжы з адкрытым балотам. Схема размяшчэння аб’ектаў даследавання прыведзена на малюнку 2, кароткая характарыстыка лясоў у табліцы.

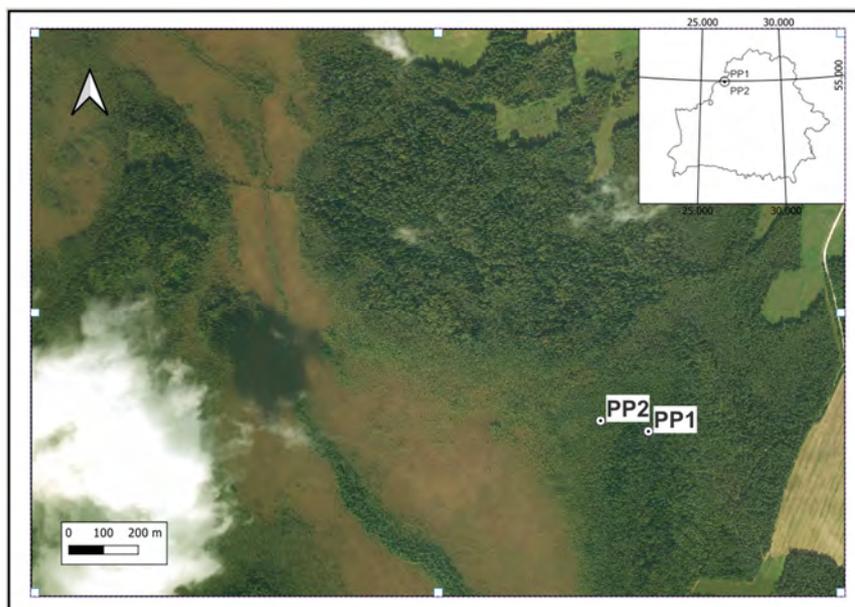
На кожнай пробнай плошчы (ПП) выконвалі геабатанічнае апісанне і адбіралі па 2 керны драўніны з 12 дрэў хвой звычайнай (*Pinus sylvestris* L.) I–II класа Крафта на вышыні 0,5–0,8 м ад паверхні зямлі з двух процілеглых бакоў ствала. Састаў дрэвастою, сярэдняю вышыню і дыяметр вызначалі вокамерна, узрост дрэваў – на падставе адабраных кернаў па метадыцы [5].

Вымярэнне шырыні гадавых кольцаў праводзілі па адсканаваным малюнку або з дапамогай паўаўтаматычнага прыбора Lintab. Для кожнага дрэва з двух вымераных кернаў атрымлівалі сярэдняю серыю гадавых кольцаў.

Перакрыжаванае датаванне асобных серый гадавых кольцаў і дрэвава-кальцавых храналогій выканана ў праграме COFESHA 6.06 P [6] з візуальнай праверкай па графіках, пабудаваных у праграмных пакетах Microsoft Excel і R. Разлікі крывых для элімінавання ўзроставых трэндаў і індэксаў прыросту, а таксама аўтарэгрэсіўнае мадэляванне выкананы ў праграме ARSTAN40c [6].



Малюнак 1 – Фітацэнатычныя аблічча хвойніка асаковага (а) і асакова-сфагнавага (б)



Малюнак 2 – Схема размяшчэння аб’ектаў даследавання

Табліца – Кароткая характарыстыка дрэвастояў і дрэвава-кольцавых храналогій

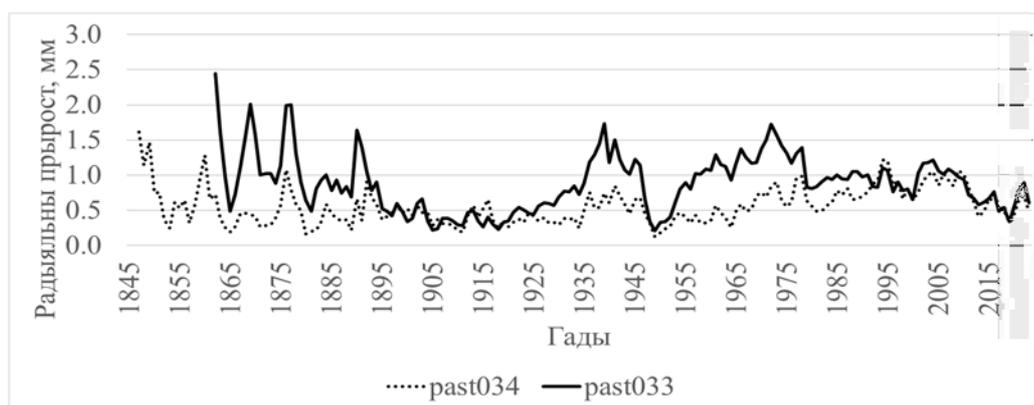
Нумар ПП	Каардынаты, N гр.хв.сек, E гр.хв.сек	Сярэдні ўзрост, гадоў	Сярэдняя вышыня, м	Састаў	Тып лесу	Дыяпазон храналогіі, гады	Колькасць дрэў
Past033	54°59'6.0"–26°29'50.8"	158	14	10С	Хв.ас	1862–2023	12
Past034	54°59'6.9"–26°29'43.1"	156	9	10С	Хв.ас-сф	1840–2023	12

Вынікі і іх абмеркаванне. У хвойніку асаковым (Past033) у жывым наглебавым покрыве апісана 40 відаў сасудзістых раслін і імхоў. Дамінуюць *Vaccinium myrtillus* (праектыўнае пакрыццё 35%), *Carex elongata* і *Crepis paludosa* (па 10%), *Cirsium oleraceum* (7%), *Athyrium filix-femina* (5%), *Thelypteris palustris* (6%), *Oxalis acetosella* (4%). Сярод імхоў дамінуюць *Hylocomium splendens* (25%), *Rhytidiadelphus triquetrus* (20%), *Sphagnum centrale* і *Sphagnum squarrosum* (па 14%). Адзінкава сустракаецца чырвонакніжны від *Listera ovata*. Глыбіня торфу 1,5 м. Мінімальны ўзрост дрэў складае 105, максімальны – 178 гадоў. Дрэвава-кольцавая храналогія пададзена на малюнку 3.

У хвойніку асакова-сфагнавым (Past034) апісана 58 відаў сасудзістых раслін і імхоў. У жывым наглебавым покрыве дамінуюць *Menyanthes trifoliata* (35%), *Thelypteris palustris* (12%), *Carex appropinquata* (10%), *Carex elongata* (10%), *Crepis paludosa* (2%), *Dactylorhiza fuchsii* (2%), *Equisetum fluviatile* (2%). Сярод імхоў дамінуюць *Sphagnum centrale* (60%), *Sphagnum*

fallax (20%), *Sphagnum russowii* (6%). Глыбіня торфу 1,5 м. Мінімальны ўзрост дрэў складае 92 гады, максімальны – 197, сярэдні – 156. Дрэвава-кольцавую храналогію гл. на малюнку 3.

За перыяд з 1900 г. да 2023 г. сярэдні радыяльны прырост дрэў у хвойніках асаковых (0,88 мм/год) большы за гэты паказчык у хвойніках асакова-сфагнавых (0,56 мм/год), што звязана з лепшымі глебава-гідралагічнымі ўмовамі першых. Агульным выявіўся трэнд на павелічэнне радыяльнага прыросту дрэў пачынаючы з 1930-х гг., за выключэннем дэпрэсіі прыросту канца 1940-х гг. Гэтае павышэнне, верагодна, звязана з паніжэннем ўзроўня грунтовых водаў у выніку асушальнай меліярацыі, хоць дадзены балотны масіў непасрэдна асушаны не быў. Але, ў адрозненні ад іншых даследаваных балотных хвойніках у заказніку «Налібоцкім» [4] і нацыянальным парку «Белавежская пушча» [3], гэтае павелічэнне пачалося на 20 гадоў раней у хвойніку асаковым і на 10 – у хвойніку асакова-сфагнавым.



Малюнак 3 – Дрэвава-кольцавыя храналогіі хвойнікаў асаковага і асакова-сфагнавага

Больш дэталёвы аналіз спадарожнікавых здымкаў і гістарычных мапаў паказаў, што даліна руч. Чырвоны ніжэй па цячэнні была перагароджана дамбай з дарогай. Рэшткі дамбы і дагэтуль праглядаюцца на здымках, а дарога знікла ў пачатку ХХ ст. Найбольш верагодна, што якраз разбураўне дамбы і прывяло да паляпшэння гідралагічных умоў у хвойніках і павелічэнню прыроста. Пры гэтым хвойнікі асаковыя, якія размешчаны на ўскрайку балота, павялічылі свой прырост у 2-3 разы больш, чым хвойнікі асакова-сфагнавыя. У апошнія дзесяцігоддзе прырост хвойнікаў

асаковых і асакова-сфагнавых стаў прыкладна роўным на ўзроўні 0,5 мм/год.

Такім чынам, беручы пад увагу высокі ўзрост меза-эўтрофных балотных хвойнікаў, іх багаты фларыстычны склад (апісана 40 відаў раслін у хвойніках асаковых і 58 відаў у хвойніках асакова-сфагнавых) з наяўнасцю рэдкіх чырванакніжных відаў раслін і адсутнасць выражанага антрапагеннага ўплыву ў апошнія 100 гадоў робіць мэтазгодным уключэнне дадзенай тэрыторыі ў запаведную зону Нацыянальнага парка «Нарачанскі».

Спіс выкарыстаных крыніц

1. Комар, А.Ю. Сучасны стан экасістэмаў часткі заказніка «Налібоцкі» пад уздзеяннем асушальнай меліярацыі / А.Ю. Комар, С.С. Цярэшчанка // Труды БГТУ. Сер. 1, Лесное хоз-во, природопользование и перераб. возобновляемых ресурсов. 2020. – № 2 (235). – С. 39–43.
2. О стратегии и схеме устойчивого использования земель с измененным гидрологическим режимом в лесном фонде Республики Беларусь / А.В. Судник [и др.] // Природные ресурсы. – 2022. – № 2. – С. 75–86.
3. Динамика и состояние болотных и заболоченных сосновых лесов Беловежской пуцци / М.В. Ермохин [и др.] // Ботаника (Исследования): сб. науч. тр. Вып. 50 / Ин-т эксперимент. ботаники НАН Беларуси. – Минск, 2021. – С. 171–194.
4. Комар, А.Ю. Сукцэсія і стан фітацэнозаў хвой звычайнай (*Pinus sylvestris* L.) у межах лясных асушальных сістэм (на прыкладзе заказніка «Налібоцкі») // А.Ю. Комар, М.В. Ермохин, А.У. Судник // Ботаника (исследования): сборник научных трудов. Вып. 53 / Ин-т эксперимент. бот. НАН Беларуси. – Минск, 2024. – с. 123–138.
5. Методические рекомендации по исследованию лесоматериалов дендрохронологическим методом в судебно-ботанической экспертизе / А.Н. Хох [и др.]; Науч.-практ. центр Гос. ком. судеб. экспертиз Респ. Беларусь. – Минск : Право и экономика, 2018. – 46 с.
6. Holmes, R.L. Dendrochronology program library / R.L. Holmes. – Tucson, Arizona: University of Arizona, 1984. – 51 p.

НОРМИРОВАНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ТУРИЗМА НА БОЛОТНЫХ ООПТ (НА ПРИМЕРЕ «ПОЛИСТОВСКОГО ЗАПОВЕДНИКА»)

Е.О. Королькова

ФГБУ «Полистовский государственный заповедник», Псковская обл., Россия, korol-k@mail.ru

Впервые для экологического маршрута на территории Полистовского заповедника апробирована вновь утвержденная методика расчета предельно допустимой рекреационной емкости особо охраняемых природных территорий федерального значения при осуществлении туризма. Показано, что максимальное количество посетителей экотропы «Плавницкое болото» составляет 12 чел./сутки и 1585 чел./сезон с учётом всех корректирующих коэффициентов.

В последние годы в России вслед за Европейскими странами активно развивается экологический туризм, в частности – путешествия по болотам. Необходимость развития экологического туризма отражена в ряде нормативно-правовых актов как федеральных, так и региональных [11, 13]. Ведущая роль в этом процессе принадлежит особо охраняемым природным территориям (ООПТ), поскольку именно они обладают возможностями для проведения учебных и научных экскурсий [1, 5]. Однако если национальные парки изначально ставят своей задачей экологический туризм и просвещение, то заповедники обязаны в первую очередь сохранять участки дикой природы без вмешательства человека [14]. И это накладывает существенные ограничения на развитие экологического туризма на их территориях, из которых в среднем 80% составляет «заповедное ядро» с полным запретом любого посещения.

Полистовский заповедник был создан 25 мая 1994 г. (одновременно с Рдейским) с целью сохранения Полистово-Ловатской верховой болотной системы – одной

из крупнейших в Европе. В заповеднике в настоящее время действуют три оборудованных экологических маршрута, которые проходят через разные типы болот, самым посещаемым из них является тропа «Плавницкое болото». Протяженность кольцевого маршрута 4,5 км, время движения по маршруту с учетом рассказа экскурсовода составляет 4,5 часа, а с учётом времени доставки к началу тропы – 6 часов. Экскурсии проводятся в малых группах – от 3 до 7 человек, допускается не более 2-х групп в день [16]. В выводково-гнездовой период с 15 апреля по 30 июня допускается посещение не более 1 группы в неделю. Маршрут может использоваться, преимущественно, в бесснежный период – с апреля по ноябрь. Основная тематика экскурсии посвящена 3-м типам болот, минеральным островам, растениям и обитателям болота, и представлена в виде наглядных изображений (стендов) на протяжении всего маршрута. Тропа оборудована дощатым настилом на всём протяжении, во избежание вытаптывания растительного покрова. Посещаемость тропы с мо-

мента её основания в 2010 г. варьировала от 54 до 649 человек в год.

Основной задачей экологического туризма, очевидно, является познание и отдых в дикой, ненарушенной природе, однако само посещение человека запускает контуры разрушения этой самой природы. Нормирование посещения и должно определить тот оптимальный режим, при котором сохраняется «ресурс» в виде дикой природы, и для каждого маршрута или участка он особый.

Вопросам рекреационного нормирования уделялось большое внимание в СССР. В частности, широкую известность получила методика выявления стадии рекреационной дигрессии лесных участков Н.С. Казанской [2]. Основные теоретические и практические разработки по выявлению физического предела устойчивости территории к рекреационным нагрузкам обобщены в книге В.П. Чижовой [15], однако там описаны только лесные, травянистые и водные сообщества растений. Очевидно, что рекреационная деятельность влияет не только на растения и почву, но и на животный мир, а также на самого человека (психологический комфорт).

Рекреационное воздействие на болото и прилегающие территории изучено нами ранее в Полистовском [6, 4] и Рдейском [3] заповедниках. В первом мы изу-

чали воздействие вытаптывания на различные болотные фитоценозы тропы «Плавницкое болото» и скорость их восстановления, а также проанализировали воздействие рекреантов на прилегающие лесные участки. В Рдейском заповеднике нами была предпринята попытка проанализировать воздействие рекреации также и на животный мир болота.

Учитывая особенности тропы «Плавницкое болото» – настилы, посещение только в сопровождении экскурсовода, мы можем исключить фактор «вытаптывания», то есть воздействие на почву и на напочвенный растительный покров. Для уменьшения беспокойства птиц в выводково-гнездовой период посещение тропы лимитировано до 1 группы в неделю с 15 апреля по 30 июня, а в соседнем Рдейском заповеднике похожий маршрут – «В гостях у Панекельки» – закрыт для посещения полностью с 15 апреля до 26 июня [8].

Осенью 2023 г. были утверждены Правила расчета предельно допустимой рекреационной емкости особо охраняемых природных территорий федерального значения при осуществлении туризма [9]. Мы взяли на себя задачу проанализировать рекреационную ёмкость тропы «Плавницкое болото» в соответствии с новыми правилами. Стоит отметить, что предлагаемая методика хорошо помогает выявить проблемные места в эксплуатации экологических маршрутов.

Расчёты рекреационной ёмкости для туристического сезона 2023 г.

Максимальное количество групп, которые могут пройти в сутки по однодневному участку туристского маршрута до его закрытия или до окончания светового дня (g_p), выражается целочисленным значением (единиц) и определяется по формуле (п. 16 ПП РФ от 31.10.2023 №1811):

$$g_p = 1 + \left[\frac{v_p(T_s - T_{d_p})}{DG_p} \right],$$

где:

$l=4,5$ – длина маршрута, км;

$T_{d_p}=4,5$ – в соответствии с паспортом тропы (среднее время прохождения участка туристского маршрута p с учётом остановок, часов);

$v_p=l/T_{d_p}=4,5/4,5$ – средняя скорость передвижения с учётом остановок, км/час;

$T_s=6-8$ ч [рабочий день] минус 2 ч [время трансфера туда и обратно] (количество времени, когда маршрут доступен для посетителей или длина светового дня, часов);

$DG_p=1$ – оптимальное расстояние между группами на участке p туристского маршрута, км (чтобы группы не пересекались в зоне видимости, соответствует длине открытого участка верхового болота).

Количество групп выражается целочисленным значением, полученным после округления вычислений до ближайшего целого в меньшую сторону.

$$g_p = 1 + [1 \times (6 - 4,5) / 1] = 1 + 1,5 = 2,5 - \text{округляем до } 2 \text{ групп}$$

Базовая рекреационная ёмкость для однодневных и многодневных маршрутов, время доступности которых строго фиксировано (BCC_{qp2}) (например, в случае закрытия для посетителей входа и выхода с туристского маршрута или в целом с участка особо охраняемой природной территории в четко установленные часы), рассчитывается по формуле (п. 15 ПП РФ от 31.10.2023 №1811):

$$BCC_{qp2} = \sum_1^p (g_p \times GS) \times \frac{t}{t_p},$$

где:

$qp=2$ – максимальное количество групп, которые могут пройти в сутки по однодневному участку туристского маршрута до его закрытия или до окончания светового дня, единиц (п. 16 ПП РФ от 31.10.2023 №1811);

$GS=6$ – среднее количество человек в группе (включая сопровождающих), человек (в соответствии с паспортом тропы группа от 3 до 7 человек или от 4 до 8 человек вместе с сопровождающим);

$t=240$ – количество дней в рассматриваемую единицу времени (месяц, сезон, год и др.), единиц (в соответствии с паспортом тропы доступна с апреля по ноябрь, без учёта государственных праздников (1 мая, 9 мая, 12 июня, 4 ноября) в сумме будет 240 дней);

$t_p=1$ – количество дней пребывания посетителей на туристском маршруте, единиц (проходят в течение 1 дня).

$BCC_{qp2} = 2 \times 6 \times (240/1) = 12 \text{ чел. в день} \times 240 \text{ дней} = 2880 \text{ человек в туристический сезон}$ (без учёта особенностей посещения в выводково-гнездовой период)

В выводково-гнездовой период с 15 апреля по 30 июня допускается посещение не более 7 человек (1 группа) в неделю. Продолжительность этого периода составляет 77 дней или 11 недель, в которые тропу может посетить не более 77 человек. «Обычных» дней с посещаемостью до 12 человек остается 163, в это время на маршруте может быть не более 1956 посетителей. Базовая рекреационная ёмкость тропы «Плавницкое болото» с учётом особенностей посещения в выводково-гнездовой период составляет **2033 человек за сезон**.

Расчёт потенциальной рекреационной ёмкости (максимальное количество экскурсантов, полученное путем корректировки величины базовой ёмкости в соответствии с установленным режимом допустимого

(оптимального) использования объектов, определённом на основе текущего состояния природных комплексов и условий осуществления рекреационной деятельности) по формуле:

$$PCC_q = BCC_q \times \prod_1^n Cf_n,$$

где:

BCC_q – базовая рекреационная емкость экотропы, выраженная в целочисленном значении, в человек/единица времени;

Cf_n – поправочные коэффициенты (от 1 до n), которые учитывают определенные для туристских объектов лимитирующие факторы развития туризма (экологического, социального и социокультурного характера) и установленные режимы использования туристских объектов.

Данные коэффициенты определяются соотношением:

$$Cf_x = 1 - \frac{Lm_x}{Tm_x},$$

где:

Cf – поправочный коэффициент для корректирующего фактора x ;

Lm – корректирующее значение параметра фактора x , лимитирующего возможности рекреационной деятельности;

Tm – общее значение фактора x .

Для экологической тропы «Плавническое болото» установлены следующие ограничивающие факторы (таблица 1).

Значение потенциальной рекреационной ёмкости за туристический сезон составило:

$$PCC_{\text{Плавническое болото}} = 2033 \times 0,78 = \mathbf{1585 \text{ чел./сезон}}$$

Таким образом, максимальное количество посетителей на экотропе «Плавническое болото» с учётом корректирующих коэффициентов, учитывающих действие ограничивающих факторов, составляет **1585 чел./сезон**.

Расчёт предельно допустимой (реальной) рекреационной ёмкости (максимальное количество посетителей с учетом потенциальной ёмкости и существующих на момент оценки материально-технических и человеческих ресурсов для обеспечения рекреационной деятельности) по формуле:

$$RCC_q = PCC_q \times MC \quad (4),$$

где:

PCC_q – потенциальная рекреационная емкость экотропы, в чел./единица времени;

MC – коэффициент управленческой емкости, в долях от единицы.

Таблица 1 – Поправочные коэффициенты для факторов, ограничивающие рекреационную деятельность на экотропе «Плавническое болото» (по данным сезона 2023 г.)

№	Ограничивающие факторы	Значение фактора (туристический сезон 2023 г.)	Расчёт поправочного коэффициента $Cf_n = 1 - \frac{Lm_x}{Tm_x}$
Группа 1 – Неблагоприятные метеорологические условия			
1	Количество дней с высоким (4) и чрезвычайным (5) классами пожарной опасности	12 дней – 24, 25 апреля, 10, 11, 12, 13, 14, 15 мая, 11, 12, 13 июня, 19 августа [10]	$C1 = 1 - (12/240) = 0,95$
2	Количество дней с ливневыми дождями (в т. ч. с градом), грозами, сильным снегом, гололедом, туманом, сильными ветрами и аномально высокой температурой воздуха (более 35°C) и т.д.	31 день – проанализированы предупреждения о неблагоприятном явлении с 1.04.2023 по 30.11.2023, без учёта явлений в ночное время и пожарной опасности [10]	$C2 = 1 - (31/240) = 0,87$
Группа 2 – Неблагоприятные дорожные условия			
3	Количество дней, когда доставка на тропу не возможна по причине плохого качества дороги	15 дней	$C3 = 1 - (15/240) = 0,94$
Группа 3 – Воздействие на растительный покров и объекты растительного мира			
4	Сокращение количества редких видов растений	В зоне экотропы произрастает 3 вида редких растений области (<i>Ophioglossum vulgatum</i> L., <i>Gladiolus imbricatus</i> L., <i>Dactylorhiza baltica</i> (Klinge) Orlova), включённых в Красную книгу Псковской области [7]. Сокращения количества редких видов к концу сезона не отмечено ($Lm = 0$)	–
5	Увеличение количества инвазивных видов [12]	Не отмечались.	–
Группа 4 – Воздействие на животное население и объекты животного мира			
6	Сокращение фауны (общего количества видов)	В зоне тропы обитает не менее 40 видов позвоночных животных. Сокращения количества видов не отмечено ($Lm = 0$)	–
7	Сокращение количества редких видов животных	В зоне тропы обитает 3 вида животных, включённых в Красную книгу Псковской области (большой веретенник, средний кроншнеп, большой улит). Сокращения количества редких видов к концу сезона не отмечено ($Lm = 0$)	–
8	Увеличение количества синантропных видов	В зоне тропы обитает не менее 40 видов позвоночных животных. Синантропных видов не зафиксировано ($Lm = 0$)	–
9	Чувствительность животных к факторам беспокойства	Большой веретенник (<i>Limosa limosa</i>) (Красная Книга Псковской области) в гнездовой период привязан исключительно к верховым болотам. Вид очень чувствителен к присутствию людей. Чрезмерное беспокойство для них чревато гибелью кладок и птенцов. Тропа частично закрывается на выводково-гнездовой период, учтено при расчёте базовой рекреационной ёмкости ($Lm = 0$)	–
Группа 5 – Изменение состояния ландшафта и снижение его аттрактивности (эстетической привлекательности)			
10	Появление инородных предметов, снижающих аттрактивность тропы	В течение туристического сезона инородных предметов в зоне тропы не было ($Lm = 0$)	–
11	Замусоривание тропы	Мусор в зоне тропы отсутствовал ($Lm = 0$)	–
12	Шумовое загрязнение	Шумовое загрязнение в зоне тропы отсутствовало ($Lm = 0$)	–
13	Световое загрязнение	Световое загрязнение в зоне тропы отсутствовало ($Lm = 0$)	–

№	Ограничивающие факторы	Значение фактора (туристический сезон 2023 г.)	Расчёт поправочного коэффициента $C_{fn} = 1 - \frac{Lm_x}{Tm_x}$
Группа 6 – Соответствие ожиданий полученному опыту и общая удовлетворенность экскурсией в заповедник			
14	Оценка качества полученного опыта и впечатлений (удовлетворенность уровнем уединенности, уровнем сохранности дикой природы, уровнем аутентичности окружающей среды; соответствие полученного опыта ожиданиям)	Не проводилась ($Lm = 0$).	–
Группа 7 – Качество услуг и инфраструктуры			
15	Соответствие уровня инфраструктуры и спектра оказываемых услуг потребностям места и целевой аудитории (недостаточность или избыточность инфраструктуры или сервисов)	Не оценивалось ($Lm = 0$).	–
16	Полнота информационного сопровождения на маршрутах	Не оценивалась ($Lm = 0$).	–
17	Уровень безопасности (количество несчастных случаев, уровень сложности и комфортности маршрута)	Несчастных случаев не было ($Lm = 0$).	–
Группа 8 – Отношение посетителей к управленческим действиям			
18	Оценка действий по управлению туристскими потоками	Не проводилась ($Lm = 0$).	–
19	Отношение к введенным ограничениям и запретам (введение периодов запрета посещения, квот на посещение объектов и др.)	Не оценивалось ($Lm = 0$).	–
20	Оценка приемлемости уровня платы за посещение качеству предоставляемых услуг	Не проводилась ($Lm = 0$).	–
$\prod_1^{20} C_{f_{20}}$			0,78

К параметрам управленческой ёмкости экотропы относятся человеческие ресурсы и инфраструктура участка. Значения коэффициентов управленческой ёмкости для соответствующих параметров представлены в таблице 2. К началу тропы «Плавницкое болото» экскурсантов доставляют на внедорожниках с шинами пониженного давления – треколах. В один трекол, помимо водителя, может сесть 4 человека. За рабочий день один трекол может совершить не более двух рей-

сов до тропы и обратно, т.е. доставить 8 человек, включая гида. В настоящее время человеческие ресурсы и инфраструктура участка полностью соответствуют потребностям, и не влияют на количество посетителей экотропы «Плавницкое болото» ($MC=1$).

Таким образом, **максимальное количество человек на экотропе «Плавницкое болото» с учётом всех корректирующих коэффициентов составляет 1585 чел./сезон.**

Таблица 2 – Поправочные коэффициенты для факторов, ограничивающие рекреационную деятельность на экотропе «Плавницкое болото» (по данным сезона 2023 г.)

№	Управленческий параметр (MC)	Имеющиеся ресурсы (R _x)	Потребности в ресурсах (P _x)	Коэффициент управленческой ёмкости $MC = \frac{R_x}{P_x}$
1	Наличие экипировки для проведения экскурсий	7 чел.	Потребности отсутствуют	$MC_1 = 7 / 7 = 1$
2	Наличие туалетов для посетителей	Имеется 1 туалет	Потребности отсутствуют	$MC_2 = 1 / 1 = 1$
3	Наличие мест отдыха для посетителей	Имеются лавочки для одновременного отдыха 8 посетителей	Потребности отсутствуют	$MC_3 = 8 / 8 = 1$
4	Наличие информационных щитов на тропе	Имеется 15 щитов	Потребности отсутствуют	$MC_4 = 15 / 15 = 1$
5	Наличие транспортных средств	Имеется 2 трекола	Необходимо 2 трекола	$MC_5 = 2 / 2 = 1$
$\prod_1^5 MC_5$				1

Список литературы

1. Антипин В.К. Болота Карелии как объекты экологического туризма // Роль туризма в модернизации экономики российских регионов: Сб. научных статей по материалам международной научно-практической конференции 8–10 июня 2010 г., Петрозаводск – Кондопога / под общ. ред. А.И. Шишкина, Т.А. Кодоловой. – Петрозаводск, 2010. – С. 271–273.
2. Казанская Н.С. Изучение рекреационной дигрессии естественных группировок растительности // Изв. АН СССР, сер. Геогр., 1972. – № 1. – С. 52–59.
3. Королькова Е.О., Зуева Н.В., Архипов В.Ю. и др. Особенности экологического туризма на болотных экосистемах на примере Рдейского заповедника // Социально-экологические технологии. – 2017. – № 4. – С. 78–93.
4. Королькова Е.О., Миронова А.В. Рекреационная устойчивость болотных фитоценозов Полистовского заповедника (Россия) // NATURE CONSERVATION RESEARCH. ЗАПОВЕДНАЯ НАУКА. – 2019. – Т. 4, № 4. – С. 73–80.
5. Королькова Е.О., Шкурко А.В. Образовательный потенциал экологических маршрутов на болотных экосистемах ООПТ // Биология в школе. – 2017. – № 4. – С. 72–80.
6. Королькова Е.О., Шкурко А.В. Устойчивость болотных фитоценозов Полистовского заповедника к рекреационному воздействию // Социально-экологические технологии. – 2016. – №4. – С. 20–45.
7. Красная книга Псковской области. – Псков, 2014. – 544 с.

8. Паспорт экотропы «В гостях у Панекельки» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://rdeysky.org/node/20648>. – Дата обращения: 15.06.2024.
9. Постановление Правительства РФ от 31 октября 2023 года №1811 «Об утверждении Правил расчета предельно допустимой рекреационной емкости особо охраняемых природных территорий федерального значения при осуществлении туризма» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1303569359?marker=6540IN>. – Дата обращения: 15.06.2024.
10. Прогнозы (Главное управление МЧС России по Псковской области) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://60.mchs.gov.ru/>. – Дата обращения: 15.06.2024.
11. Распоряжение Минприроды России от 22.12.2020 N 37-р «Об утверждении Методических рекомендаций по организации эколого-просветительской деятельности федеральными государственными бюджетными учреждениями, осуществляющими управление особо охраняемыми природными территориями федерального значения, находящимися в ведении Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://sudact.ru/law/rasporiazhenie-minprirody-rossii-ot-22122020-n-37-r/prilozhenie/i/>. – Дата обращения: 15.06.2024.
12. Самые опасные инвазионные виды России (ТОП-100) / ред. Ю.Ю. Дгебуадзе, В.Г. Петросян, Л.А. Хляп. – М.: Т-во научных изданий КМК, 2018. – 688 с.
13. Стратегия социально-экономического развития Псковской области до 2035 года [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://economics.pskov.ru/sites/default/files/29.05.2023_ek_11-3886_vedernikov_mihail_yurevich_vyunov_andrey_vladimirovich_0.pdf. – Дата обращения: 15.06.2024.
14. Федеральный закон «Об особо охраняемых природных территориях» от 14.03.1995 N 33-ФЗ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/9010833>. – Дата обращения: 15.06.2024.
15. Чижова В.П. Рекреационные ландшафты: устойчивость, нормирование, управление. – Смоленск: Ойкумена, 2011. – 176 с.
16. Экскурсии и туры. Плавницкое болото [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://polistovsky.ru/node/18436>. – Дата обращения: 15.06.2024.

ВОССТАНОВЛЕНИЕ ФИТОЦЕНОЗОВ ВЕРХОВЫХ БОЛОТ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ ПОСЛЕ ПОЖАРОВ: ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА И РАЗВИТИЕ ЛИШАЙНИКОВО-МОХОВОГО КОВРА

Н.Г. Коронатова, В.А. Степанова

Сибирский научно-исследовательский институт сельского хозяйства и торфа –
филиал Сибирского федерального научного центра агробиотехнологий РАН, Томск, Россия, koronatova@issa-siberia.ru

*В работе приводится геоботаническая характеристика и данные о функциональных показателях, запаса фитомассы и первичной продукции покрова мхов и лишайников на пирогенных участках через 8–9 лет после пожара в сравнении с контрольными ненарушенными участками болот южной тайги и лесотундры. Показано, что восстановление растительности происходит как за счёт типичных болотных доминантов, так и благодаря мху *Polytrichum strictum*, а в лесотундре также за счёт рудеральных видов, не свойственных для болот. Функциональные показатели и продукция сфагновых мхов зависят от локальных условий местообитания и могут быть как выше, так и ниже фоновых значений, а также проявляют видоспецифический отклик на погодные условия вегетационного сезона. Несмотря на изменения в видовом составе и структуре мохового ковра, запасы фитомассы пирогенных участков приближаются или достигают контрольных значений сообществ, где доминируют сфагновые мхи, в обеих климатических зонах. В отличие от них, на зарастающих после пожара торфяниках лесотундры запасы фитомассы значительно отстают от фоновых значений ненарушенных бугров, где доминируют лишайники.*

Пожары значительно трансформируют структуру, состав компонентов и интенсивность обменных процессов углеродного цикла в экосистемах. Учитывая площадь болот в Западной Сибири (30% территории), частоту и масштаб наблюдаемых в последние десятилетия выгораний на них, возникает опасность снижения глобальной углерод-поглощающей роли сфагновых торфяников [12, 17]. Кроме того, при сжигании биомассы происходит потеря углерода из торфа в атмосферу, которая составляет в среднем 3 кгС/м² [2, 16, 18, 19], в результате чего Сибирь может оказаться источником углекислого газа при частых пожарах в болотах и лесах [11]. Поэтому важной задачей является оценка процессов восстановления растительного покрова после пожаров, чему на территории России в настоящее время посвящены единичные исследования [1, 3–5, 14]. Факторы, которые влияют на ход, скорость и вариабельность пирогенной сукцессии в болотах, остаются недостаточно изучены. На сегодняшний день известно,

что поселение сфагновых мхов на выгоревших участках болот зависит от уровня болотных вод [8, 10], плотности заселяемого торфа [15], состава сообщества и степени нарушенности [6, 7, 9, 13].

Целью работы являлась геоботаническая характеристика растительного покрова на выгоревших в 2016 г. болотах южной тайги и лесотундры в Западной Сибири, а также оценка параметров продуктивности восстанавливающегося лишайниково-мохового ковра.

Работу проводили в болотных массивах Бакчарское (56.88 N 82.68 E) и Пангоды (65.87 N 74.94–97 E), оба горели в 2016 г. Согласно данным Синюткиной с соавт. [5] площадь выгорания в Бакчарском болоте составила 5 км², в болоте Пангоды – 7 км² при общей площади контура пожара более 300 км². Исходное сообщество Бакчарского болота было представлено типичным для верховых болот тайги сосново-кустарничково-сфагновым фитоценозом (рямом), болота Пангоды – типичными для лесотундры мерзлотными бутрами с лишай-

никами и кустарничками в комплексе с обводнёнными травяно-сфагновыми мочажинами. Исследование вели на выгоревших участках и в близлежащих не повреждённых огнём сообществах, которые считали контрольными (фоновыми).

На выбранных участках проводили геоботаническое описание на площадках 10×10 м. Запас зелёного мха *Polytrichum strictum* определяли методом укосов с применением кольцевого шаблона площадью 16,6 см², который устанавливали в одновидовых куртинах. Первичную продукцию сфагнового ковра определяли также методом укосов с помощью кольца площадью 16,6 см² в одновидовых подушках. Годовой прирост сфагновых мхов определяли методом меток, а также по морфологическим признакам. В камеральных условиях подсчитывали число капитул на заданной площади, отсекали верхние 3 см стебля, фракции капитул и стеблей высушивали и взвешивали. Первичную продукцию сфагновых мхов определяли произведением массы 1 мм стеблей с заданной площади на длину годового прироста, выражая в г/м² в год. Для оценки запасов лишайникового ковра использовали шаблоны разного размера: площадью 16,6 см² в таёжных болотах в связи с малым размером куртин, которые начинают восстанавливаться после пожара, и 100 см² в лесотундре, где лишайники образуют сплошной покров. Площадную оценку запасов фитомассы видов проводили с учётом их проективного покрытия на каждом участке.

В таёжном Бакчарском болоте на контрольном участке в травяно-кустарничковом ярусе доминировали *Ledum palustre* и *Chamaedaphne calyculata*, в моховом ковре – *Sphagnum fuscum*; сосны достигали высоты 6 м, плотность древостоя 13 тыс. шт./га. Проективное покрытие (ПП) травяно-кустарничкового яруса было 70%, число видов 6; ПП лишайниково-мохового яруса 100%, сфагновые мхи насчитывали 6 видов. На разных послепожарных участках этого же болота в 2022 г. состав доминантов и ПП травяно-кустарничкового яруса были в основном сходными, в одном случае преобладал вид *Vaccinium uliginosum*. Покрытие лишайниково-мохового яруса варьировало от 40 до 95% со вкладом сфагновых мхов от 10 до 65% и *Polytrichum strictum*, который иногда выступал в роли доминанта, от 10 до 50%. Число видов сфагновых мхов на послепожарных участках изменялось от 4 до 7. На следующий год (2023) отмечены изменения в составе и покрытии видов, в большей степени у мхов: увеличилось ПП *P. strictum* и снизилось ПП *Sph. divinum*, *Sph. capillifolium* и *Sph. balticum*, а также исчез *Sph. fallax*. В целом, восстановление растительного покрова в ходе пирогенной сукцессии на Бакчарском болоте происходило с разной скоростью на разных участках. Наблюдаемые изменения в течение двух лет показали ухудшение условий для видов мхов, чувствительных в условиях увлажнения и, вероятно, связаны с погодными условиями.

На контрольном участке мерзлотного болота Пангоды на буграх в травяно-кустарничковом ярусе доминировали *Ledum palustre* и *Rubus chamaemorus*, ПП яруса 35%, число видов 7. В мохово-лишайниковом ярусе (ПП 100%) преобладали лишайники, которые отличались высоким видовым разнообразием (отмечено 16 видов на площадке), а сфагновые мхи (5 видов) встречались по периферии бугров или небольшими

пятнами среди лишайника. На послепожарных участках отмечена значительная комплексность в пределах небольшой площади, что наиболее вероятно связано с разной степенью выгорания торфа и неоднородностью микрорельефа: встречались и отдельные не сгоревшие кочки *Sphagnum fuscum* с мерзлотой на полуметровой глубине, и обгоревшая с поверхности торфяная залежь, и почти полностью выгоревшие понижения с минеральными породами на 10-см глубине. Покрытие растений в таких комплексах составило от 30 до 90% с индивидуальным видовым составом, причём отмечены виды трав, не типичных для мерзлотных болот (*Chamaenerion angustifolium*, *Calamagrostis epigeios* и др.). Восстановление типичного лишайникового ковра происходит медленно из-за низкой скорости роста лишайников. В ненарушенных мочажинах плоскобугристого болота доминировали травы *Eriophorum russeolum* и *Carex rotundata* и мочажинные сфагновые мхи (*Sph. fallax*, *Sph. lindbergii*, *Sph. balticum*, *Sph. jensenii*) с ПП 100%. В обводнённых выгоревших понижениях с сохранившимся торфом активно поселялись те же виды сфагновых мхов, занимая ПП от 10 до 35%. Как и в тайге, *Polytrichum strictum* играл заметную роль в заселении выгоревших участков, как на повышениях (ПП 1–25%), так и в обводнённых понижениях (ПП 25–40%). На следующий год (2023) в растительном покрове повышений уменьшилось участие трав и лишайников и увеличилось – сфагновых мхов, а в обводнённых понижениях выросло ПП трав, снизилось – зелёных и гипновых мхов и выросло – сфагновых мхов.

В таёжном болоте линейный прирост *Sphagnum fuscum* был ниже контрольного участка в наиболее нарушенных и переувлажнённых местах и выше – в других, более благоприятных для вида послепожарных местообитаниях. Динамика прироста *Sph. balticum*, *Sph. angustifolium* и *Sph. divinum* была близкой в связи со схожестью экологических потребностей этих видов к абиотическим условиям местообитания и также отклонялась от контрольных значений в разных послепожарных местообитаниях в большую или меньшую сторону. Численность *Sph. fuscum* была выше контроля на всех послепожарных участках, численность *Sph. divinum* и *Sph. balticum* была близка или ниже фоновой, и численность *Sph. angustifolium* была сходной с контрольными значениями. Эти результаты позволяют предположить, что на пирогенных участках складываются более контрастные условия между кочками, на которых обитает *Sph. fuscum*, и межкочечными понижениями, которые заняты остальными видами. В 2022 г. первичная продукция сфагновых куртин послепожарных участков была в основном выше по сравнению с контролем у видов *Sph. fuscum* (285–325 г/м² в год) и *Sph. balticum* (194–299 г/м² в год), и ниже – у *Sph. angustifolium* (158–221 г/м² в год). Продукция *Sph. divinum* отклонялась от фонового значения как в большую, так и в меньшую сторону (118–201 г/м² в год). На следующий год линейный прирост и продукция *Sph. fuscum*, *Sph. balticum* и *Sph. fallax* снизились до 2 раз, а у *Sph. divinum* и *Sph. capillifolium* – увеличились, что отражает видоспецифический отклик мхов на погодные условия.

В болоте лесотундры прирост и численность *Sphagnum fuscum* и *Sph. capillifolium* снижались на нарушенных участках по сравнению с фоном, а продукция была

сходной у *Sph. fuscum* (216–241 г/м² в год) и ниже у *Sph. capillifolium* (180 г/м² в год). В обводнённых понижениях линейный прирост видов в основном увеличивался на послепожарных участках по сравнению с фоном, а численность изменялась в разных направлениях. Первичная продукция выросла по сравнению с фоном у *Sph. fallax* на всех пирогенных участках (172–330 г/м² в год) и осталась на том же уровне или снизилась у *Sph. riparium* (152–315 г/м² в год) и *Sph. lindbergii* (203 г/м² в год); наибольшее снижение продукции, почти в три раза, произошло у *Sph. balticum* (103 г/м² в год). В отличие от таёжного болота, в 2023 г. на мерзлотных буграх произошло увеличение продукции *Sph. fuscum*, а продукция остальных видов бугра значимо не изменилась. В этом же году продукция всех мочажинных видов (*Sph. fallax*, *Sph. riparium*, *Sph. balticum*, *Sph. jenseni* и *Sph. lindbergii*) заметно выросла, а вариабельность функциональных показателей могла быть противоположной.

Запасы фитомассы мхов и лишайников в пересчёте на площадь изучаемых участков были следующими. В Бакчарском болоте на контрольном участке фитомасса сфагнового ковра составила 490±40 г/м², на пирогенных участках от 100±10 до 300±50 г/м² и на одном участке до 420±60 г/м², что близко к фоновому значению. Запас фитомассы *Polytrichum strictum* был незначительным на контроле и от 70±10 до 350±35 г/м² в пирогенных местообитаниях. Запас лишайников не превысил 9±2 г/м² на ненарушенных участках и незначительным – на послепожарных. Суммарная фитомасса лишайниково-мохового ковра пирогенных участков варьировалась от 300 до 500 г/м², т.е. в ряде случаев достигла фоновых значений. В болоте Пангоды на ненарушенных буграх были высокие запасы фитомассы мохово-лишайниково-

вого яруса благодаря максимальному вкладу лишайников, достигнув 1530±270 г/м². На восьмой год развития пирогенной сукцессии запасы этого яруса на горелых буграх варьировались от 100±30 до 200±40 г/м² (с преобладающим вкладом *P. strictum*), значительно уступая фону. В мочажинах на контрольном участке запас фитомассы составил 480±70 г/м² и был сложен сфагновыми мхами. В двух выгоревших обводнённых понижениях запас фитомассы мохового ковра был 410±70 и 250±50 г/м², причём вклад *P. strictum* был таким же или значительно большим, чем сфагновых мхов.

Таким образом, восстановление растительного покрова в болотах идёт благодаря поселению *Polytrichum strictum*, разрастанию типичных болотных доминантов из числа кустарничков и сфагновых мхов, а на выгоревших буграх в лесотундре ещё и рудеральных видов. При этом наблюдается разная скорость восстановления растительности на разных участках одного болота, вероятно, в связи с неравномерным выгоранием, разной степенью нарушенности торфяных почв и фитоценозов и различиями в гидрологических условиях пирогенных местообитаний. Погодные условия 2023 г. были неблагоприятны для сфагновых мхов таёжной зоны, но способствовали росту мхов в лесотундре, особенно для обитателей мочажин, что отразилось на значениях функциональных признаков и первичной продукции мхов. По запасу суммарной фитомассы мхов и лишайников пирогенные участки Бакчарского болота и мочажин болота Пангоды приближались или достигли фоновых значений, благодаря разрастанию сфагновых мхов, а бугры болота Пангоды – существенно отстали от контрольных участков с доминирующим лишайниковым покровом.

Исследование выполнено за счёт гранта РНФ (проект № 22-77-10024).

Список литературы

1. Вомперский С.Э., Глухова Т.В., Смагина М.В., Ковалев А.Г. Условия и последствия пожаров в сосняках на осушенных болотах // Лесоведение. 2007. № 6. С. 35–44.
2. Глухова Т.В., Сиринов А.А. Потери почвенного углерода при пожаре на осушенном лесном верховом болоте // Почвоведение. 2018. № 5. С. 580–588.
3. Коронатова Н.Г. Показатели роста и продукция сфагновых мхов как индикаторы экологических условий послепожарных местообитаний // Болота Северной Евразии: биосферные функции, разнообразие и управление: тез. докл. Междунар. симп. (Петрозаводск, 25–28 сентября 2023 г.). Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2023. С. 44–45.
4. Копотева Т.А., Кушцова В.А. Пирогенный фактор на маревых болотах Приамурья // Вестник СВНЦ ДВО РАН. 2011. № 2. С. 37–42.
5. Синюткина А.А., Гашкова Л.П., Харанжевская Ю.А. Пирогенные изменения болотной растительности и торфа в Западной Сибири // Вест. Моск. ун-та. Сер. 5. Геогр. 2024. Т. 79, № 1. С. 78–88.
6. Benschoter B.W. Post-fire bryophyte establishment in a continental bog // Journal of Vegetation Science. 2006. 17: 647–652.
7. Blier-Langdeau A., Rochefort L. Responce to fire of plant communities in a restored ombrotrophic peatland // 15th International Peat Congress. 2016. P. 439–443.
8. Campeau S., Rochefort L. *Sphagnum* regeneration on bare peat surfaces: field and greenhouse experiment // Journal of Applied Ecology. 1996. 33: 599–608.
9. Clark P.J., Keith D.A., Vincent B.E., Letten A.D. Post-grazing and post-fire vegetation dynamics: long-term changes in mountain bogs reveal community resilience // J. Veg. Sci. 2015. 26: 278–290. Doi: 10.1111/jvs.12239/.
10. Ketttridge N., Turetsky M., Sherwood J. et al. Moderate drop in water table increases peatland vulnerability to post-fire regime shift // Scientific Reports. 2015. 5: 8063. Doi: 10.1038/srep08063/.
11. Kim J.-S., Kug J.-S., Jeong S.-J. et al. Extensive fires in southeastern Siberian permafrost linked to preceding Arctic Oscillation // Science Advances. 2020. 6 (2): eaax3308. Doi: 10.1126/sciadv.aax3308/.
12. Kuhry P. The role of fire in the development of Sphagnum-dominated peatlands in western boreal Canada // J. Ecol. 1994. 82: 899–910.
13. Price J.S. and Whitehead G.S. The influence of past and present hydrological conditions on Sphagnum recolonization and succession in a block-cut bog, Quebec // Hydrological Processes. 2004. 328: 315–328. Doi:10.1002/hyp.1377.
14. Sinyutkina A.A., Gashkova L.P., Koronatova N.G. et al. Post-fire ecological consequences within the drained site of the Great Vasyugan Mire: retrospective water-thermal regime and pyrogenic disturbance estimation // IOP Conference Series Earth and Environmental Science. 2020. 408: 012037. Doi: 10.1088/1755-1315/408/1/012037/.

15. Thompson D.K., Waddington J.M. Peat properties and water retention in boreal forested peatlands subject to wildfire // *Water Resources Research*. 2013. 49, 3651–3658, doi:10.1002/wrcr.20278//
16. Turetsky M.R., Benscoter B., Page S. et al. Global vulnerability of peatlands to fire and carbon loss // *Nature Geoscience*. 2015. V. 8 (1). P. 11–14. doi:10.1038/NGeo2325/
17. Turetsky M.R., Kane E., Harden J. et al. Recent acceleration of biomass burning and carbon losses in Alaskan forests and peatlands // *Nature Geosci.* 2011. 4: 27–31. doi: 10.1038/ngeo1027/
18. Vitt D.H., Halsey L.A., Bauer I.E., Campbell C. Spatial and temporal trends in carbon storage of peatlands of continental western Canada through the Holocene // *Can Earth Sci.* 2000. V. 37. P. 683–693.
19. Zoltai S.C., Morrissey L.A., Livingston G.P., de Groot W.J. Effects of fires on carbon cycling in North American boreal peatlands // *Environ. Rev.* 1998. 6: P. 13–24.

ПРОДУКТИВНОСТЬ РЯМОВ ЮГА ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

Н.П. Косых

Институт почвоведения и агрохимии СО РАН, Новосибирск, Россия, nprkosykh@mail.ru

*Настоящие рьямы лесостепи Западной Сибири имеют высокие запасы живой фитомассы при средней чистой первичной продукции и находятся в тесной связи с заболоченными лугами и займищами, которые отличаются очень высокой продукцией. Вклад в продукцию рьямов вносят такие группы доминирующих видов растений, как деревья (*Pinus sylvestris*), кустарнички (*Ledum palustre*, *Chamaedaphne calyculata*, *Andromeda polifolia*), в меньшей степени травы (*Eriophorum vaginatum*, *Rubus chamaemorus*) и максимум вносят сфагновые мхи (*Sphagnum fuscum*, *Sph. capillifolium*, *Sph. divinum*). В центре рьямов часто находятся озера, вокруг которых образуются мезотрофные топи с высокопродуктивными растительными сообществами с доминированием осок (*Carex rostrata*, *C. lasiocarpa*) и сфагновых мхов (*Sphagnum fallax*, *Sph. riparium*).*

В зоне лесостепи Западной Сибири, заболоченность которой составляет 9–23%, наибольшего распространения достигают высокопродуктивные евтрофные травяные болота [1–4]. Продуктивность рьямов и мезотрофных болот, которые занимают небольшие площади, невысока, но значение этих болот в ландшафте и вклад в биологический круговорот этих болотных экосистем значительный. Формирование рьямов происходило в других климатических условиях и функционирование их в современных условиях показывает их устойчивость к перемене климата и дает возможность прогнозировать их поведение при разных сценариях изменения климата. Выявление современного состояния растительного покрова болотных экосистем, особенностей распределения и структуры запасов растительного вещества и чистой первичной продукции в олиготрофных рьямах, мезотрофных и евтрофных болот лесостепной зоны Западной Сибири является актуальной задачей и поможет ответить на вопрос о поведении болотных экосистем при изменении климата.

Одним из основных параметров изучения цикла углерода является определение биологической продуктивности экосистем. Несмотря на важность этих работ, количественных оценок продуктивности экосистем лесостепи до сих пор очень мало. Впервые Н.Г. Шатохиной [5] дана оценка продуктивности для болотных экосистем в пределах лесостепной зоны Западной Сибири. С 2008 г. начаты работы в лесостепной зоне и дана оценка продуктивности евтрофных болот лесостепи Западной Сибири. Ряд экосистем (луговые и солончаковые степи, остепненные луга, низинные, евтрофные, мезотрофные болота и олиготрофные рьямы) функционирует в одних и тех же климатических условиях, но имеют разные количественные характеристики биологической продуктивности. Запасы надземной фитомассы экосис-

тем лесостепи изменяются от 300 до 2200 г/м², подземной фитомассы варьируют от 1200 до 4200 г/м², чистая первичная продукция изменяется от 500 до 3000 г/м² в год, минимальная продукция формируются в олиготрофных рьямах, максимальная образуется в мезотрофных и евтрофных болотах [6, 7]. Целью данной работы является определение многолетней динамики продуктивности растительных сообществ болотных экосистем лесостепи.

Объектами изучения биологической продуктивности являются сопряженные болотные экосистемы, выстроенные по трансекту от центра рьяма у озера к самой высокой точке рьяма, через транзитную точку у края рьяма. По краю настоящего сосново-кустарничково-сфагнового рьяма в условиях сильного периодического обводнения формируются сообщества ивняков в травяном ярусе которого развиваются плотнодерновинные осоки, начинает появляться тростник, манник и канаречник. Заканчивается трансект в экосистеме займища. Все эти экосистемы распределяются концентрическими кругами от центра к периферии. На северо-западном склоне почти в центре рьяма развивается небольшое вторичное озеро. Вокруг озера расположена переходная полоса небольшой полосой около 6 м, с открытой осоково-сфагнутой мезотрофной мочажинкой, которая переходит в сплаvinу у воды озера. Растительное сообщество у озера представлено осоково-сфагнутой топью, шириной около 6 м. Доминанты постепенно сменяют друг друга. У воды развито растительное сообщество, покров которой состоит из осоки *Carex canescens* L., *C. lasiocarpa* Ehrh., *C. acuta* L, разрастается вахта *Menyanthes trifoliata* L., сабельник болотный *Comarum palustre* L., образуя плотный ковер сплаvinы. Здесь растут мхи требовательные к богатству и постоянному слабому току воды, такие как сфагнум берего-

вой *Sph. riparium* Ångstr. Небольшие кусты ивы еще больше скрепляют этот ковер у поверхности озера. На смену наиболее гигрофитному сообществу приходят менее требовательные к току воды, сообщество осоково-сфагновое с другим набором доминантов. Здесь доминирует крупные рыхлодерновинные осоки: *Carex rostrata* Stokes, *C. lasiocarpa*, мелкие длиннокорневищные *C. limosa* L., и в небольшом количестве встречается редкий для этой зоны вид – шейхцерия *Scheuchzeria palustris* L. В моховом покрове меняется доминант, появляется мох обманчивый *Sph. fallax* (H.Klinggr.) H.Klinggr. Ближе к рямю происходит еще одна смена растительного сообщества на более бедное видами и менее требовательное к воде пушицево-сфагновое сообщество. В котором на первое место выступает пушица влагалищная *Eriophorum vaginatum* L., а видовое разнообразие мхов этого сообщества представлено олиготрофными и мезотрофными высокопродуктивными сфагновыми видами – *Sph. fallax*, встречается сфагнум узколистный *Sphagnum angustifolium* Michx., *Sph. divinum* Flatberg & K. Hassel. Скрепляет моховой покров мезотрофной мочажины такие мелкие кустарнички, как *Andromeda polifolia* L. и *Oxycoccus palustris* Pers.

Центральная часть рослого рьяма представлена климаксовым сосново-кустарничково-сфагновым растительным сообществом. Древесный ярус состоит из сосны *Pinus sylvestris* L. высотой до 12-15 м. Кустарничковый ярус, высотой 40-50 см и проективное покрытие (п.п.) до 60% ОПП. Кочки формируются мхами и кустарничками, занимая большую часть рьяма, высотой до 30-40 см, межкочья занимают не более 20%. Моховой покров достигает 90-100% п.п. Доминируют *Sphagnum fuscum* (Schimp.) H.Klinggr. – 60%, *Sph. capillifolium* (Ehrh.) Hedw. – 30%, *Sph. divinum*, *Sph. angustifolium* – 9%, *Polytrichum strictum* Brid. – 1. Мощность торфяной залежи в центральной части достигает 4,25 м. Транзитную часть рьяма на склоне занимает березово-кустарничково-сфагновое сообщество, древостой сосны изреживается и начинает доминировать другая порода деревьев – береза *Betula pubescens* Ehrh., высотой до 10-15 м. Высота кустарничкового яруса вересковых увеличивается до 70-80 см. Кустарничковый ярус представляет почти сплошные заросли, плотность которых доходит до 70-80% ОПП. Моховой покров разрежен и составляет около 60-70% п.п. Доминируют *Sphagnum fuscum* – 30%, *Sph. capillifolium* – 40%, встречается *Sph. angustifolium*.

Рям окружен займищами – тростниковыми, осоково-тростниковыми евтрофными болотами. Растительность этих болот представлена в основном сильно обводненными низинными осоковыми, осоково-тростниковыми и тростниковыми сообществами, с доминирующими видами тростника *Phragmites australis* (Cav.) Trin.ex Steud., кочкообразующих осок *Carex appropinquata* Schum., *C. cespitosa* L. и вейника *Calamagrostis neglecta* (Ehrh.) Gaertn., Mey. et Scherb., манника *Glyceria maxima* (Hartm.) Holmb., встречаются многолетние длиннокорневищные осоки *C. gracilis* Curt. и *C. aquatilis* Wahlenb.

Определение запасов растительного вещества в фитocenозах проводили стандартными с авторскими модификациями методами [8]. Надземная фитомасса на учетных площадках размером 40x40 см срезается на уровне мха, разбирается по видам, сушится до постоян-

ного веса и взвешивается. Мох и подземные органы растений учитывают, отбирая монолиты 1 дм³ послойно до глубины 30 см. Первичная продукция оценивается по годовому приросту отдельно мхов, трав и кустарничков. Отбор проводили в 2009 г. на разных элементах рельефа: мезотрофная мочажина, центр, транзитная позиция в рьяме, займище.

Структура фитомассы отражает функционирование растительного сообщества. Растительное вещество или биомасса включает запасы живой фитомассы и мортмассы, которая формируется из неразложившихся остатков мхов, мертвых подземных органов осок и кустарничков. Запасы биомассы в слое до 30 см могут меняться от 3400 до 23500 г/м² в зависимости положения в рельефе экосистемы рьяма. Замедленный круговорот биомассы приводит к преобладанию мортмассы во всех болотных экосистемах. Запасы мортмассы составляют от 30 до 80% от биомассы. Чем богаче экосистема, тем быстрее происходит круговорот вещества и тем меньше запасы мортмассы в экосистеме. В бедных олиготрофных рьямах запасы мортмассы максимальны из-за замедленного оборота вещества, причем в зависимости от положения в рельефе запасы могут различаться в 5-7 раз. На кочках они минимальны, в межкочье замедление круговорота достигает максимума, что приводит к максимальной величине запасов мортмассы – 23500 г/м². В мезотрофных мочажинах запасы мортмассы уменьшаются от 6300 до 11000 г/м², в низинных болотах от 3200 до 4500 г/м². Из-за высоко стояния воды, замедление круговорота мортмассы происходит и в некоторых низинных болотах, поданным Шапкиной [5] запасы мортмассы могут увеличиваться до 11600 г/м² за счет не разложившихся мертвых подземных органов трав и осок.

Структура запасов живой фитомассы от типа экосистемы, положения в рельефе, типа растительности и биологии видов-доминантов. Тип экосистемы формируется разными растительными сообществами. Так травы мезотрофной мочажины формируют до 3600 г/м², причем большая часть создается корнями (80%), надземная фитомасса мхов и трав составляет 20%. Фракции надземная фитомассы кочек и межкочий настоящего кустарничково-сфагнового яруса рьяма в разные годы сильно отличаются. Запасы живой фитомассы по катене увеличиваются [9-11]. В центре рьяма запасы живой фитомассы на кочках составляют 1200-3200 г/м², в межкочье они на 20% ниже, а в транзитной позиции из-за дополнительного поверхностного стока воды в 2 раза выше. В отдельные годы после снежных и теплых зим происходит сильное разрастание подземных погребенных побегов кустарничков запасы достигают максимальной величины 4600 г/м². На кочках надземная фитомасса, в основном состоящая из многолетних побегов вересковых кустарничков, составляет около 30%, подземная – 40-73%, вклад мхов 16-30%, в межкочьях надземная фитомасса составляет около 3-9%, подземная – 57-77%, вклад мхов 21-34%. В экосистеме займища запасы фитомассы составляет 5700 г/м², где 88% образуются подземными органами и только 12% приходится на зеленую фитомассу тростника, осок и пр. Количество запасов надземной зеленой фитомассы находится в прямой зависимости от количества осадков и убывает в зависимости от их уменьшения [7, 8].

Чистая первичная продукция формируется запасами фитомассы и чем больше запасы, тем больше продукция. В богатых условиях, с хорошо обеспеченной водой мезотрофных топях у озера и в займище образуется высокая продукция, 1600 и 5500 г/м² в год соответственно. В образовании ее участвуют все фракции, формирующие запасы живой фитомассы, 50% от запасов фитомассы формируется в текущем году в мезотрофных мочажинах. В займище отмирание и нарастание происходит еще быстрее и почти 95% от запасов прирастает в текущем году. В ряме продукция изменяется в широких пределах от 100 до 1200 г/м² в год, на кочках всегда выше, чем в межкочьях. В ряме смена доминантов на менее продуктивные вересковые кустарнички приводит к уменьшению продукции экосистемы, замедляется рост и продукция от запасов живой фитомассы составляет 10–20% в межкочье, 20–35% на кочках. Более благоприятные условия на кочках приводят к образованию продукции на 10% больше, чем в межкочьях. Во всех болотных экосистемах преобладает

фракция подземных органов трав и осок на мезотрофной топи и в займище, корней кустарничков на ряме во всех экспозициях микроландшафта. Фракция погребенных стволиков имеет большой вклад в запасы живой фитомассы, вклад в продукцию эта фракция не вносит.

Таким образом, функционирование разных типов болотных экосистем в условиях лесостепи зависит от типа экосистемы, более богатые займища и мезотрофные топи имеют высокие показатели запасов фитомассы и продукции. В олиготрофных сосново-кустарничково-сфагновых рьямах, где формирование высоких показателей запасов фитомассы принадлежит в основном кустарничкам и мхам, имеют низкую продукцию. В пределах одного типа экосистем ряма продуктивность зависит от микроположения в рельефе и погодных условиях конкретного года исследования. На кочках запасы и продукция всегда выше, чем в межкочьях, в неблагоприятные годы в транзитной позиции запасы выше, чем в центре ряма, а после снежных и теплых зим запасы увеличиваются в центре ряма.

Список литературы

1. Романова Е.А. Типы болотных массивов и закономерное распределение их на территории Западной Сибири // Типы болот СССР и принципы их классификации. Л.: Наука, 1974. С. 167-174.
2. Романова Е.А. Подтаежные лесные и осоково-гипновые мезотрофно-эвтрофные болота // Растительный покров Западно-Сибирской равнины. Новосибирск: Наука, 1985. С. 153-159.
3. Валуцкий В.И. Растительность лесостепных рьямов в Восточной Барабе // Геоботаника. Новосибирск: Наука, 2011. С. 109-119.
4. Peregon A., Maksyutov S., Kosykh N., Mironysheva-Tokareva N. Map based inventory of the wetland biomass and NPP in western Siberia // J. Geophys. Res. 2008. № 113, G01007, doi:10.1029/2007JG000441.
5. Вагина Т.А., Шатохина Н.Г. Продуктивность растительных сообществ и влияние на них почвенных и погодных условий // Структура, функционирование и эволюция системы биогеоценозов Барабы. 1976. С. 217-359.
6. Наумов А.В., Косых Н.П., Миронычева-Токарева Н.П., Паршина Е.К. Углеродный баланс в болотных экосистемах Западной Сибири // Сибирский экологический журнал. 2007. № 5. С. 771-779.
7. Наумов А.В., Косых Н.П., Паршина Е.К., Артымук С.Ю. Верховые болота лесостепной зоны, их состояние и мониторинг // Сибирский экологический журнал. 2009. № 2. С. 251-259.
8. Kosykh N.P., Koronotova N.G., Naumova N.B., Titlyanova A.A. Above- and below-ground phytomass and net primary production in boreal mire ecosystems // Wetlands ecology and management. 2008. №16. P. 139-153.
9. Базилевич Н.И. Биологическая продуктивность экосистем Северной Евразии. М.:Наука, 1993. 295 с.
10. Косых Н.П. Продуктивность экосистем лесостепи Западной Сибири // Степи Северной Евразии. Оренбург. 2015. С. 420-423.
11. Титлянова А.А., Косых Н.П., Миронычева-Токарева Н.П., Романова И.П. Подземные органы растений в травяных экосистемах. 1996. 128 с.

РАЗНООБРАЗИЕ ТРАВЯНО-ГИПНОВЫХ СООБЩЕСТВ БОЛОТ ЕВРОПЕЙСКОГО СЕВЕРА

О.Л. Кузнецов

Институт биологии ФИЦ «Карельский научный центр РАН», Петрозаводск, Россия, kuznetsov@krc.karelia.ru

*Травяно-гипновые сообщества широко распространены на болотах Европейского севера. В моховом ярусе таких сообществ встречается более 30 видов мхов, но только некоторые из них образуют плотные синузии и они используются при выделении синтаксонов. Наиболее распространены и играют важную роль в растительном покрове сообщества со *Scorpidium scorpioides*, *Warnstorfia exannulata*, *Campylium stellatum*. Видовое богатство травяно-гипновых сообществ связано с условиями местообитаний. Наиболее бедны сообщества глубоких мочажин и (9-12 видов на 1 м², ценофлоры от 20 до 71 вида), в эвтрофных коврах сообществ с доминированием *Campylium stellatum*, *Scorpidium cossonii*, *S. revolvens* видовая насыщенность 17-22 вида на 1 м², а ценофлоры содержат от 50 до 150 видов.*

Гигрофильные и гидрофильные зеленые мхи, представленные на болотах более 30 видами из семейств *Amblystegiaceae*, *Bartramiaceae*, *Sryaceae*, *Calliergonaceae*, *Meesiaceae*, *Mniaceae*, *Pilaisiaceae* и *Scorpidiaceae*,

называемые в болотоведческой литературе гипновыми, играют важную роль в растительном покрове болот таежной и тундровой зон. Большинство этих видов являются типично эвтрофными, только несколько из них

встречаются в мезотрофных условиях, только *Warnstorfia fluitans* растет в олиготрофных мочажинах верховых болот [16, 21]. Гипновые мхи приурочены на болотах к пониженным элементам микрорельефа – плоским ковровым участкам, мочажинам и проточным топям, в которых уровень болотных вод не опускается ниже 10 см или стоит на поверхности. Большинство гипновых мхов имеют обширные голарктические ареалы, их ценогическая роль более значима в средней и северной тайге, а также в тундре, где травяно-гипновые сообщества играют важную роль в растительном покрове болот и отлагают несколько видов торфов [3].

На болотах тундровой и таежной зон представлен широкий спектр травяно-гипновых сообществ, в которых доминантами травяного яруса выступают многие виды осок, а также виды пушиц, пухоносов, хвощей, тростник, шейхцерия и некоторые другие травы, сочетающиеся с разными видами гипнов (таблица). Ряд видов гипнов (*Campylium stellatum*, *Loeskygnum badium*, *Paludella squarrosa*, *Meesia triquetra*, *Cynclidium stygium*, *Pseudocalliergon trifarium*, *Scorpidium revolvens*) обычно формируют очень маленькие рыхлые дернины, иногда меньше квадратного метра, отсюда в составе моховых синузид некоторых сообществ часто представлены несколько видов мхов, близких по экологии.

Травяно-гипновые сообщества приурочены к болотным массивам нескольких типов, различающихся как по гидрологическому режиму (лимногенные, солигенные и топогенные), так и богатству водно-минерального питания [4, 19]. В ботанико-географической классификации болот Европейской части России все они отнесены к классу травяных и травяно-гипновых болот [14]. Осоково-гипновые и аапа болота с безнапорным грунтовым питанием (солигенные) в северной и средней тайге иногда имеют площади от сотен до тысяч гектаров, также входят в состав сложных болотных систем.

Анализ обширной литературы по растительности болот северной Европы [15, 20, 22-26], севера европейской части России [8-14, 17, 18], а также материалов наших исследований в Карелии и Мурманской области [1, 2, 5-7] свидетельствует о высоком синтаксономическом разнообразии травяно-гипновых сообществ болот Севера Европы. Синтаксоны, описанные в вышеуказанных источниках, выделены и классифицированы разными методами, однако доминирующие виды травяного и мохового ярусов использованы в большинстве классификаций. Практически во всех исследованиях в Скандинавских странах описания выполнялись на маленьких площадках (0,25-1 м²), что и послужило основанием для выделения многочисленных синтаксонов, в которых сочетаются различные виды травянистых растений с синузидиями мхов, имеющих очень маленькие площади [15, 17, 20, 22-26]. Российские болотоведы чаще всего выполняют описания травяно-гипновых сообществ на площадках (выделах) площадью в десятки квадратных метров (до 100 м² при однородности фитоценоза), поэтому в их классификациях, созданных этими методами, практически отсутствуют синтаксоны, выделенные по доминированию ряда гипновых мхов, не образующих обширных синузид в сообществах [1, 2, 8-13].

Статус, количество и объем синтаксонов травяно-гипновых сообществ в рассматриваемых классифика-

циях значительно различаются, однако при наличии синоптических таблиц они хорошо сопоставимы, что позволяет оценивать их распространение и специфику в пределах такого обширного региона. Так, в эколого-флористической классификации растительности болот северо-западной Европы К. Дирссен [15] выделил по видам гипновых мхов (по их доминированию или высокой константности в сообществах) 48 субассоциаций в составе 26 ассоциаций класса *Scheuchzerio-Caricetea nigrae*, их синтаксономическое положение следующее: порядок *Scheuchzerietalia palustris* – в 10 ассоциациях выделено 19 субассоциаций по гипновым мхам, порядок *Caricetalia nigrae* – в 5 ассоциациях 8 субассоциаций, порядок *Caricetalia davallianae* – в 11 ассоциациях 21 субассоциация. Всего выделено 48 субассоциаций с 15 видами гипновых мхов, из них 16 со *Scorpidium scorpioides*, с *Drepanocladus revolvens* (*S. revolvens*) – 8, с *D. exannulatus* (*Warnstorfia exannulata*) – 4, с *Campylium stellatum* – 3.

Тополого-экологическая классификация растительности болот Карелии [1, 2] включает 7 травяно-гипновых ассоциаций и несколько субассоциаций в травяных ассоциациях с доминированием гипнов. Анализ разнообразия растительности болот Мурманской области как по материалам собственных исследований [5,6], так и литературных данных [8-11, 17] показал высокое разнообразие травяно-гипновых сообществ в регионе.

Тополого-экологическим методом [1,2] на болотах области выделено 8 ассоциаций с включением видов гипновых мхов в их названиях, еще в 7 травяных ассоциациях выделены субассоциации с гипнами. Так, в ассоциации *Carex limosa-Menyanthes trifoliata* выделены субассоциации с *Warnstorfia exannulata* и *Scorpidium scorpioides*, а в ассоциации *Trichophorum cespitosum-Campylium stellatum* субассоциации с *Campylium stellatum*, *Loeskygnum badium*, *S. cossonii*, *S. scorpioides*. Большое число синтаксонов (Braunmoor), которые можно рассматривать как узкие ассоциации или субассоциации, описано на болотах в тундровой зоне на полуострове Рыбачий А. Калела [17]. Он в некоторых типах Braunmoor выделяет также варианты по видам отдельных видов гипнов. Так *Carex lasiocarpa-Scorpidium scorpioides-Drepanocladus intermedius* Braunmoor разделяется на варианты со *S. scorpioides* и *Drepanocladus intermedius* (*S. cossonii*). Высокое разнообразие травяно-гипновых сообществ на полуострове Рыбачий обусловлено наличием там карбонатных коренных пород и высокой минерализацией грунтовых вод, поступающих на болота. Там широко распространены сообщества со *S. cossonii*, *S. scorpioides*, *Sarmentypnum sarmentosum*. По нашим исследованиям в центре Мурманской области в среднем течении реки Поной (полоса крайнесеверной тайги) установлено широкое распространение здесь мезотрофных травяно-гипновых сообществ с *Warnstorfia exannulata* (ассоциации и субассоциации с *Carex chordorrhiza*, *C. limosa*, *C. rostrata*, *Eriophorum gracile*, *E. russeolum*, *Equisetum fluviatile*) и отсутствие сообществ с эвтрофными видами гипнов [6].

В тополого-экологической классификации растительности болот северной Европы [23] выделено 22 типа сообществ и целый ряд их вариантов по доминированию гипновых мхов.

Таблица – Сочетания видов гипновых мхов и сосудистых растений в травяно-гипновых сообществах Европейского севера

ВИД МХА, амплитуды pH и содержания СаО, мг/л в воде их местообитаний [по 16]	Сосудистые растения – доминанты и содоминанты травяного яруса		Типы болот (Б), частота данных сообществ и роль в покрове болот
	сообщества 1-5 м ²	сообщества >10 м ²	
<i>Warnstorfia fluitans</i> pH – 3,2 – 6,2 СаО – 0,2 – 5,4	<i>Carex aquatilis</i> , <i>C. limosa</i> , <i>C. rariflora</i> , <i>C. rotundata</i> , <i>C. rostrata</i> , <i>Rhynchospora alba</i> , <i>Eriophorum angustifolium</i> , <i>Trichophorum cespitosum</i> , <i>Scheuchzeria palustris</i>	<i>Carex aquatilis</i> , <i>C. rostrata</i> , <i>C. rotundata</i> , <i>C. limosa</i>	Омбротрофные и олиготрофные Б, довольно редко, незначительная
<i>Warnstorfia exannulata</i> pH – 4,0 – 8,0 СаО – 0,7 – 34,5	<i>C. aquatilis</i> , <i>C. chordorrhiza</i> , <i>C. diandra</i> , <i>C. lasiocarpa</i> , <i>C. limosa</i> , <i>C. livida</i> , <i>C. omskiana</i> , <i>C. rariflora</i> , <i>C. rostrata</i> , <i>C. rotundata</i> , <i>E. angustifolium</i> , <i>T. cespitosum</i> , <i>S. palustris</i> , <i>Phragmites australis</i> , <i>Equisetum fluviatile</i> , <i>Menyanthes trifoliata</i>	<i>C. aquatilis</i> , <i>C. limosa</i> , <i>C. lasiocarpa</i> , <i>C. rostrata</i> , <i>C. livida</i> , <i>C. chordorrhiza</i> , <i>E. angustifolium</i> , <i>Ph. australis</i> , <i>Eq. fluviatile</i>	Эвтрофные (Е), мезотрофные (МЕ) и аапа Б, часто, важная
<i>Scorpidium scorpioides</i> pH – 5,2 – 8,5 СаО – 1,2 – 141	<i>C. aquatilis</i> , <i>C. chordorrhiza</i> , <i>C. diandra</i> , <i>C. lasiocarpa</i> , <i>C. limosa</i> , <i>C. livida</i> , <i>C. omskiana</i> , <i>C. panicea</i> , <i>C. rariflora</i> , <i>C. rostrata</i> , <i>C. rotundata</i> , <i>Rhynchospora alba</i> , <i>R. fusca</i> , <i>E. angustifolium</i> , <i>T. cespitosum</i> , <i>S. palustris</i> , <i>Ph. australis</i> , <i>Eq. fluviatile</i> , <i>M. trifoliata</i> , <i>Eleocharis quinqueflora</i>	<i>C. lasiocarpa</i> , <i>C. limosa</i> , <i>C. livida</i> , <i>C. panicea</i> , <i>E. angustifolium</i> , <i>Ph. australis</i> , <i>Eq. fluviatile</i>	Е, ЕМ и аапа Б, часто, важная
<i>Scorpidium cossonii</i> pH – 5,1 – 8,0 СаО – 2,3 – 130 <i>S. revolvens</i> pH – 5,1 – 7,0 СаО – 0,7 – 27,7	<i>C. aquatilis</i> , <i>C. chordorrhiza</i> , <i>C. diandra</i> , <i>C. flava</i> , <i>C. lasiocarpa</i> , <i>C. limosa</i> , <i>C. livida</i> , <i>C. panicea</i> , <i>C. rariflora</i> , <i>C. rotundata</i> , <i>E. angustifolium</i> , <i>E. latifolium</i> , <i>Schoenus ferrugineus</i> , <i>T. cespitosum</i> , <i>T. alpinum</i> , <i>Molinia caerulea</i> , <i>Phragmites australis</i> , <i>Eq. palustre</i> , <i>Eleocharis quinqueflora</i>	<i>C. flava</i> , <i>C. lasiocarpa</i> , <i>C. panicea</i> , <i>E. latifolium</i> , <i>Schoenus ferrugineus</i> , <i>T. cespitosum</i> , <i>T. alpinum</i> , <i>Molinia caerulea</i> , <i>Eq. palustre</i>	Е с жестководным питанием и аапа, довольно часто, важная
<i>Campylium stellatum</i> pH – 5,4 – 8,2 СаО – 2,6 – 74,1	<i>C. chordorrhiza</i> , <i>C. flava</i> , <i>C. lasiocarpa</i> , <i>C. livida</i> , <i>C. panicea</i> , <i>E. latifolium</i> , <i>Schoenus ferrugineus</i> , <i>T. cespitosum</i> , <i>T. alpinum</i> , <i>Molinia caerulea</i>	<i>C. flava</i> , <i>C. lasiocarpa</i> , <i>E. latifolium</i> , <i>Schoenus ferrugineus</i> , <i>T. cespitosum</i> , <i>Molinia caerulea</i>	Е с жестководным питанием и аапа, довольно часто, важная
<i>Loeskygnum badium</i> pH – 4,2 – 6,8 СаО – 0,9 – 19,0	<i>C. lasiocarpa</i> , <i>C. livida</i> , <i>Schoenus ferrugineus</i> , <i>T. cespitosum</i> , <i>T. alpinum</i>	<i>T. cespitosum</i>	МЕ и аапа Б, редко, незначительная
<i>Paludella squarrosa</i>	<i>C. appropinquata</i> , <i>C. flava</i> , <i>C. diandra</i> , <i>C. lasiocarpa</i> , <i>C. rariflora</i> , <i>C. panicea</i> , <i>E. latifolium</i> , <i>Ph. australis</i> , <i>Eq. palustre</i>	<i>C. appropinquata</i> , <i>C. flava</i> , <i>C. lasiocarpa</i> , <i>Ph. australis</i> , <i>Eq. palustre</i>	Е ключевые Б, редко, незначительная
<i>Meesia triquetra</i>	<i>C. aquatilis</i> , <i>C. diandra</i> , <i>C. lasiocarpa</i> , <i>C. omskiana</i> , <i>C. panicea</i> , <i>Phragmites australis</i>	-	Е и МЕ, редко, незначительная
<i>Cinclidium stygium</i>	<i>C. chordorrhiza</i> , <i>C. lasiocarpa</i> , <i>C. rariflora</i> , <i>C. panicea</i> , <i>E. angustifolium</i> , <i>Ph. australis</i> , <i>Menyanthes trifoliata</i>	-	Е и МЕ, редко, незначительная
<i>Hamatocaulis vernicosus</i> pH – 5,4 – 7,8 СаО – 2,5 – 56,8	<i>C. appropinquata</i> , <i>C. diandra</i> , <i>C. flava</i> , <i>C. lasiocarpa</i> , <i>C. omskiana</i> , <i>C. livida</i> , <i>C. limosa</i> , <i>Ph. australis</i>	<i>C. diandra</i> , <i>C. lasiocarpa</i> , <i>C. omskiana</i> , <i>Ph. australis</i>	Е и МЕ, редко, незначительная
<i>Calliergon giganteum</i> pH – 5,2 – 8,5 СаО – 1,6 – 65,8	<i>C. chordorrhiza</i> , <i>C. diandra</i> , <i>C. lasiocarpa</i> , <i>C. omskiana</i> , <i>C. rariflora</i> , <i>E. angustifolium</i> , <i>Ph. australis</i> , <i>Eq. fluviatile</i>	<i>C. diandra</i> , <i>C. lasiocarpa</i> , <i>C. omskiana</i>	МЕ и М, довольно редко, незначительная
<i>Calliergonella cuspidata</i> pH – 4,6 – 8,6 СаО – 7,9 – 121	<i>C. appropinquata</i> , <i>C. diandra</i> , <i>C. lasiocarpa</i> , <i>C. omskiana</i> , <i>C. panicea</i> , <i>Schoenus ferrugineus</i> , <i>Phragmites australis</i>	<i>C. appropinquata</i> , <i>C. diandra</i> , <i>C. lasiocarpa</i> , <i>C. omskiana</i>	Е и МЕ, редко, незначительная
<i>Scorpidium sarmentosum</i> pH – 4,6 – 7,7 СаО – 0,7 – 12,8	<i>Trichophorum cespitosum</i> , <i>C. rotundata</i> , <i>C. rariflora</i> , <i>C. bigelowii</i> , <i>C. aquatilis</i> , <i>C. rostrata</i> , <i>E. angustifolium</i>	-	М крайки с выходами вод, ключевые Б, редко, незначительная
<i>Pseudocalliergon trifarium</i> pH – 5,1 – 8,1 СаО – 4,2 – 75,8	<i>Carex limosa</i> , <i>C. livida</i> , <i>C. lasiocarpa</i>	-	Е, МЕ и аапа, очень редко, незначительная

Наиболее разнообразны и широко распространены на всем севере Европы сообщества с доминированием *Scorpidium scorpioides*. Он ассоциируется со многими доминантами травяного яруса (около 20 видов), экологические ниши большинства из них очень близки (см. таблицу). В классификации К. Дирссена [15] для северо-западной Европы выделено 16 субассоциаций со *S. scorpioides*, при этом в классификации растительности болот северо-западной Европы [23] все такие сообщества отнесены всего к двум типам. В Карелии нами выделено три ассоциации со *S. scorpioides* [1], а в Мур-

манской области – 3 ассоциации и 4 субассоциации. В травяно-гипновых сообществах с доминированием *Campylium stellatum*, *S. cossonii*, *S. revolvens* в качестве доминантов и содоминантов выявлены многие виды травянистых растений (см. таблицу). Отсюда с этими видами мхов также выделено довольно много синтаксонов: в СЗ Европе это 11 субассоциаций [15], в северной Европе – 5 типов сообществ [23]. В Карелии выделены 3 ассоциации с *C. stellatum*, в моховом ярусе которых постоянно присутствуют и другие гипновые мхи. Высокое разнообразие эвтрофных сообществ с *S.*

cossonii выявлено на полуострове Рыбачий (13 типов Braunmoor и вариантов) [17], многие из которых приурочены к ключевым мелкозалежным участкам со специфичной флорой, включающей многие арктические и гипоарктические виды. Травяно-гипновые сообщества с другими видами гипновых мхов встречаются значительно на европейском севере реже и их разнообразие меньше.

Видовая насыщенность и видовое богатство травяно-гипновых сообществ связаны с условиями обводнения и трофности местообитаний. Наиболее бедны сообщества глубоких мочажин и топей со *Scorpidium scorpioides*, *Warnstorfia exannulata*, *W. fluitans* (9-12 видов на 1 м²), а ценофлоры таких синтаксонов по данным разных авторов содержат от 20 до 71 вида. Однако последние показатели зависят от региона исследований и числа описаний. В эвтрофных ковровых сообществах с доминированием *Campylium stellatum*, *Scorpidium cossonii*, *S. revolvens* видовая насыщенность значительно выше – 17-22 вида на 1 м², а ценофлоры таких синтак-

сонов в разных частях севера Европы составляют от 50 до 150 видов, при этом 15-30% в их составе приходится на мохообразные. Именно такие сообщества и болотные массивы с ними являются местообитаниями многих редких и охраняемых видов сосудистых растений и мхов во всех регионах севера Европы. Ряд травяно-гипновых биотопов и даже типов болотных массивов включены в перечни охраняемых биотопов Финляндии и Норвегии, нуждаются они в различных формах охраны и на европейском севере России.

Синузии гипновых мхов имеют значительную фитомассу и годичную продукцию, поэтому они играют важную роль в круговороте веществ в экосистемах некоторых типов болот. В сильно обводненных сообществах со слабой аэрацией ежегодно отмирающие части гипновых мхов не успевают полностью минерализоваться и их остатки входят в состав торфа. На болотах севера Европы широко распространены гипновый низинный и переходный, а также травяно-гипновые низинные и переходные (в основном осоково-гипновые) торфа.

Список литературы

1. Кузнецов О.Л. Тополого-экологическая классификация растительности болот Карелии (омбротрофные и олиготрофные сообщества) // Труды Карельского НЦ РАН. Вып. 8. 2005. С. 15-46.
2. Кузнецов О.Л. Основные методы классификации растительности болот // Актуальные проблемы геоботаники. III Всерос. школа-конф. Лекции. Петрозаводск: КарНЦ РАН. 2007. С. 241-269.
3. Кузнецов О.Л. Разнообразие травяно-гипновых сообществ на болотах Европейского севера и их отражение в торфяных залежах // Торфяники Западной Сибири и цикл углерода: прошлое и настоящее. Томск. 2014. С. 80-82.
4. Кузнецов О.Л. Современная типология и районирование болот Фенноскандии // Мат-лы конф. «XI Галкинские Чтения» (Санкт-Петербург, 21 апреля 2021 г.). СПб. 2021. С. 13-18.
5. Кузнецов О.Л., Кутенков С.А., Талбонен Е.Л. Растительность и динамика болот заповедника «Пасвик» // Мат-лы Всерос. конф. «Биоразнообразие экосистем Крайнего Севера: инвентаризация, мониторинг, охрана». Сыктывкар, 2013. С. 72-75.
6. Кузнецов О.Л., Кутенков С.А., Игнашов П.А. Разнообразие болот заказника «Понойский» (Мурманская область) // Мат-лы конф. «X Галкинские чтения». СПб., 2019. С. 105-107.
7. Кузнецов О.Л., Кутенков С.А. Разнообразие типов болот Мурманской области // Российская ботаника в меняющемся мире: Тезисы докладов XV Делегатского съезда Русского ботанического общества и конф. «Российская ботаника в меняющемся мире», посвященной 300-летию Российской академии наук (г. Санкт-Петербург, 10–13 сентября 2023 года). СПб. 2023. С. 47-48.
8. Смагин В.А. Растительность мочажин, ерсеев и олиготрофных топей болот севера Европейской России // Бот. журн. Т. 84. № 1. 1999. С. 104-116.
9. Смагин В.А. Растительность мезотрофных топей, мочажин аапа болот, ерсеев бутристых болот севера Европейской России // Бот. журн. Т. 84. № 7. 1999. С. 80-96.
10. Смагин В.А. Растительность эвтрофных болот севера Европейской России // Бот. журн. Т. 84. № 10. 1999. С. 75-86.
11. Смагин В.А. Растительность низинных осоковых болот севера Европейской России // Бот. журн. Т. 85. № 4. 2000. С. 104-115.
12. Смагин В.А. Союз *Caricion davallianae* на северо-западе Европейской России // Бот. журн. Т. 93. № 7. 2008. С. 1029-1082.
13. Юрковская Т. К. Краткий очерк растительности болот средней Карелии // Торфяные болот Карелии. Петрозаводск: Карельский филиал АН СССР. 1959. С. 108-124.
14. Юрковская Т.К. География и картография растительности болот европейской части России и сопредельных территорий. СПб.: БИН РАН. 1992. 256 с.
15. Dierssen K. Die wichtigsten Pflanzengesellschaften der Moore NW Europas. Geneve. 1982. 382 S.
16. Hedenäs L. The European species of the *Calliergon-Scorpidium-Drepanocladus* complex, including some related of similar species / *Meylania*, 28. 2003. P. 1-106.
17. Kalela A. Über Wiesen und wiesenartige Pflanzengesellschaften auf der Fischerhalbinsel in Petsamo Lapland / *Acta For. Fen.* B. 48, № 2. 1939. 523 S.
18. Lounamaa J. Untersuchungen über die eutrophen Moore des Tulemajärvi-Gebietes in südwestlichen Ostkarelien, KASSR // *Ann. Bot. Soc. «Vanamo»*, B. 32, № 3. 1961. 63 S.
19. Mires and peatlands of Europe. Status, distribution and conservation / Joosten H., Tannenber F. & Moen A. (eds.). Stuttgart. 2017. 780 p.
20. Nordhagen R. Silkilisdajen og Norges fjellbeiter / *Bergens Mus. Scr. Bd.* 22. 1943. 607 s.
21. Kuznetsov O.L., Maksimov A.I., Boychuk M.A., Kutenkov S.A.. Bryoflora mire biotopes in North European Russia, its diversity and ecological characteristics // *Mosses: ecology, life cycle and significance*. New York: Nova Science Publishers. 2018. P. 59-87.
22. Osvald H. Die Vegetation des Hochmoores Komosse // *Ak. Abhandl. Sv. Vaxtsoc. Sallsk Handl. Uppsala*. Bd. I. 1923. 436 s.
23. Vegetationstyper i Norden / ed. L. Pålsson. Kopenhamn: TemaNord. 1994. 627 s.
24. Ruuhijärvi R. Über die Regionale Einteilung der nordfinnischen Moore // *Ann. Bot. Soc. Vanamo*. B. 31 №1. 1960. 360 S.
25. Sjörs H. Myrvegetation i Bergslagen. Uppsala. 1948. 299 p.
26. Vorren K.-D., Eurola S., Tveraabak U. The lowland terrestrial mire vegetation about 69° N lat. in northern Norway // *Tromura*. № 84. 1999. 90 p.

ОЦЕНКА ЧИСТОГО ЭКОСИСТЕМНОГО ОБМЕНА CO₂ С ПОВЕРХНОСТИ ГРЯДОВО-МОЧАЖИННОГО КОМПЛЕКСА БОЛОТА МУХРИНО

А.А. Кулик¹, Е.А. Заров¹, А.А. Дмитриченко¹, Е.А. Дюкарев²

¹Югорский государственный университет, Ханты-Мансийск, Россия,

²Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН, Томск, Россия, K.ARTEM.A@yandex.ru

Выполнены измерения чистого экосистемного обмена (NEE) на грядово-мочажинном комплексе олиготрофного болота Мухрино. Исследование охватывает июнь-октябрь 2023 г., измерения произведены камерным методом с применением автоматизированной камерной системы КАСМ-8, что позволило получить высокочастотные данные NEE для гряды и мочажины. Зафиксировано, что поглощение CO₂-С преваляло в гряде до 28 августа (88 дня), в мочажине до 11 сентября (102 дня). Выявлено, что более эффективным нетто-стоком CO₂-С по результатам исследования выступает мочажина –33,74 г CO₂-С м⁻². Продуктивность гряды составляет -19,47 г CO₂-С м⁻². Обе экосистемы характеризуются как нетто-сток CO₂-С.

Современные глобальные климатические изменения являются одним из наиболее важных и значимых явлений на планете, которые требуют углубленного изучения и анализа. Одной из ключевых причин изменений климата является увеличение содержания парниковых газов (ПГ) в атмосфере вследствие антропогенной активности. Увеличение концентрации ПГ в атмосфере приводит к усилению парникового эффекта, вследствие чего постепенно повышается средняя глобальная температура планеты [6].

Болотные экосистемы играют значимую роль в цикле углерода (С) планеты [18]. Занимая около 3% земного шара болота накапливают приблизительно 30% почвенного органического углерода земной суши [14]. В естественном ненарушенном состоянии они являются низкопродуктивным стоком С, где углерод в виде торфяных отложений фиксируется на тысячелетия [9, 18]. Значимым резервуаром С выступают борельные болота северного полушария, накопленное количество С в них оценивается в 473-621 Гт С [15].

Наибольшее влияния на интенсивность потоков ПГ в болотных экосистемах оказывают гидрометеорологические факторы. Так, климатом обусловлена интенсивность накопления С, а гидрологический режим определяет условия разложения органики [1, 5, 7]. Учитывая это, изменение климата в долгосрочной перспективе может привести к переходу болот из разряда нетто-поглотителя С в разряд нетто-источников [5].

Объекты и методы. Исследование было выполнено на территории международной полевой станции «Мухрино», расположенной в центральной части Западной Сибири [3]. Климат района исследования отличается высокой повторяемостью антициклональных условий, быстрым изменением погодных условий, влажным, умеренно теплым летом и довольно суровой, снежной зимой [8]. Данная работа сосредоточена на изучении чистого экосистемного обмена (NEE) грядово-мочажинного комплекса (ГМК) олиготрофного верхового болота Мухрино и включает в себя измерения с 1 июня по 31 октября 2023 г.

Измерение потоков CO₂ выполняли камерным методом. В работе использовали камерную систему КАСМ-8 (ИМКЭС СО РАН, Россия, г. Томск), система включает в себя газоанализатор LI-850 (LI-COR, США, г. Линкольн) CO₂ и H₂O, встроенный мультиплексор и автоматизированные камеры прозрачного типа. Было установлено 4 камеры на гряде и 4 на мочажине. Время экспозиции камер составляло 2 минуты.

Расчет удельных потоков CO₂, полученных системой КАСМ-8 был выполнен по формуле (1), вычисления производились с помощью языка программирования R с использованием пакетов dplyr [11], ggplot2 [10], zoo [17], cowplot [12]. В дальнейшем вышеперечисленные пакеты были использованы для обработки и визуализации данных.

$$F_c = \frac{10VP_0 \left(1 - \frac{W_0}{1000}\right) \partial c'}{RS(T_0 + 273.15) \partial t} \quad (1)$$

где F_c – скорость выделения CO₂ с поверхности экосистемы (мкмоль м⁻²с⁻¹), V – объем (см³), P_0 – начальное давление (кПа), W_0 – начальная мольная доля водяного пара (ммоль моль⁻¹), R – универсальная газовая постоянная, S – площадь поверхности почвы (см²), T_0 – начальная температура воздуха (°C), $\frac{\partial c'}{\partial t}$ – начальная скорость изменения мольной доли CO₂ с поправкой на воду (мкмоль моль⁻¹).

Для исключения из расчёта потока CO₂ колебаний концентраций газа, связанных с закрытием камеры, исключались первые 40 сек (КАСМ-8). Восстановление пропусков в измерениях было выполнено с помощью онлайн-инструмента REddyProcWeb [13]

Метеорологические характеристики были получены с помощью автоматической метеостанции, расположенной на мочажинном участке болота [2].

Обсуждение и результаты. Температура воздуха ($T_{\text{возд}}$) между экосистемами не отличалась. Средняя суточная $T_{\text{возд}}$ для гряды (рисунок 1а) и мочажины (рисунок 1б) за данный период варьировалась от -11 до +27°C, средняя $T_{\text{возд}}$ за месяц составляла +13°C (июнь), +19°C (июль), +15°C (август), +10°C (сентябрь), +2°C (октябрь).

Значения фотосинтетически активной радиации (ФАР) для мочажинного участка (рисунок 1г) в среднем были меньше чем на гряде (рисунок 1в). Вариативность усредненных за сутки данных ФАР для гряды (см. рисунок 1в) составляла от 18 до 530 мкмоль м⁻²с⁻¹, средняя ФАР за месяц 345 мкмоль м⁻²с⁻¹ (июнь), 332 мкмоль м⁻²с⁻¹ (июль), 273 мкмоль м⁻²с⁻¹ (август), 200 мкмоль м⁻²с⁻¹ (сентябрь), 80 мкмоль м⁻²с⁻¹ (октябрь). Вариативность средних суточных значений на мочажине (см. рисунок 1г) от 18 до 418 мкмоль м⁻²с⁻¹, среднее значение ФАР за месяц 267 мкмоль м⁻²с⁻¹ (июнь), 258 мкмоль м⁻²с⁻¹ (июль), 215 мкмоль м⁻²с⁻¹ (август), 174 мкмоль м⁻²с⁻¹ (сентябрь), 73 мкмоль м⁻²с⁻¹ (октябрь).

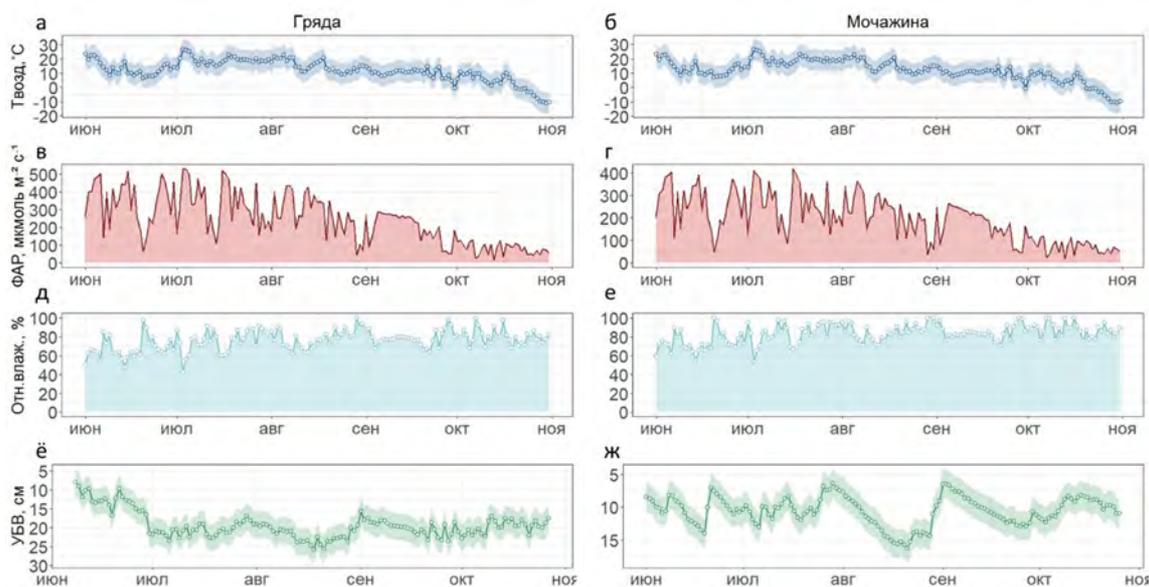
Зафиксировано, что относительная влажность воздуха (отн. влаж.) на мочажинном участке (рисунок 1е)

была выше, чем на гряде (рисунок 1д). Средняя суточная отн. влаж. на гряде (см. рисунок 1д) варьировалась от 43 до 99%, средняя отн. влаж. за месяц составляла 67% (июнь), 76% (июль), 79% (август), 79% (сентябрь), 80% (октябрь). Средняя суточная отн. влаж. на мочажине (см. рисунок 1е) варьировалась от 53 до 99% (2023 г.), средняя отн. влаж. за месяц составляла 74% (июнь), 84% (июль), 86% (август), 85% (сентябрь), 88% (октябрь).

Уровень болотных вод (УБВ) за период исследований не поднимался выше поверхности ГМК. Наиболее низкий УБВ фиксируется на гряде (рисунок 1ё). Средний суточный УБВ на гряде (см. рисунок 1ё) варьировался от 8 до 26 см, средний УБВ за месяц составлял 14 см (июнь), 21 см (июль), 22 см (август), 20 см (сен-

тябрь), 20 см (октябрь). Средний за сутки УБВ на мочажине (рисунок 1ж) колебался от 6 до 16 см, средний УБВ за месяц составлял 10 см (июнь), 10 см (июль), 13 см (август), 10 см (сентябрь), 10 см (октябрь).

Измерения представлены за период с июня по октябрь 2023 г. С учетом восстановления пропусков, всего было сделано 14687 измерений, 7344 на гряде и 7344 на мочажине (рисунок 2). Наибольшая вариабельность потоков CO_2 зафиксирована на гряде от $-3,80$ до $+3,13$ $\text{мкмоль м}^{-2}\text{с}^{-1}$. Диапазон колебаний потоков на мочажине составлял от $-2,62$ до $+1,70$ $\text{мкмоль м}^{-2}\text{с}^{-1}$. Наибольшая амплитуда потоков CO_2 наблюдалась в июле и августе, наименьшая в октябре. Зафиксировано, что к концу измерительного сезона амплитуда потока CO_2 постепенно снижалась, как на гряде, так и в мочажине.



а, б – температура воздуха; в, г – фотосинтетически активная радиация; д, е – относительная влажность воздуха; ж – уровень болотных вод. Контуром на рисунках а, б, ж обозначено стандартное отклонение

Рисунок 1 – Средние суточные гидрометеорологические характеристики в грядово-мочажинном комплексе болота Мухрино за исследуемый период 2023 г.

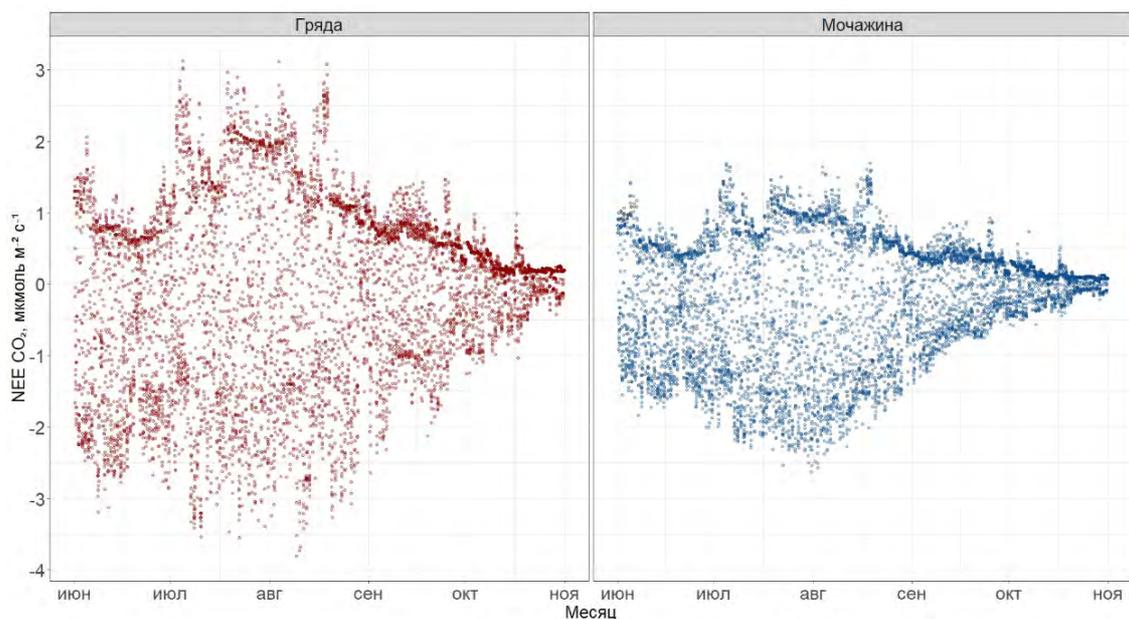


Рисунок 2 – Срочные значения NEE CO_2 ($\text{мкмоль м}^{-2}\text{с}^{-1}$) на гряде (выделено красным) и мочажине (выделено синим) верхового болота Мухрино за 2023 г.

За исследуемый период, в среднем суточном ходе NEE CO₂ (рисунок 3) поглощение преваляло с утра (05:00-8:00) до вечера (15:00-19:00), что соотносится со средним суточным ходом, полученным в следующей работе [4, 16]. Наибольшая длительность поглощения экосистем наблюдалась в июле, наименьшая в октябре. Длительность аккумуляции CO₂ постепенно уменьшалась к октябрю (см. рисунок 3). Из суточного хода NEE, зафиксировано, что для гряды продолжительность поглощения CO₂ в среднем меньше на час. Наибольшие

значение скорости ассимиляции и выделения CO₂ фиксировались на гряде. К октябрю скорость выделения и поглощения в обеих экосистемах уменьшалась.

Кумулятивный поток NEE с 1 июня по 31 октября составил (рисунок 4): -19,47 гCO₂-С м⁻² (для гряды) и -33,74 гCO₂-С м⁻² (для мочажины). Поглощение CO₂-С преваляло в гряде до 28 августа, в мочажине до 11 сентября. Обе экосистемы характеризуются как нетто-сток CO₂-С.

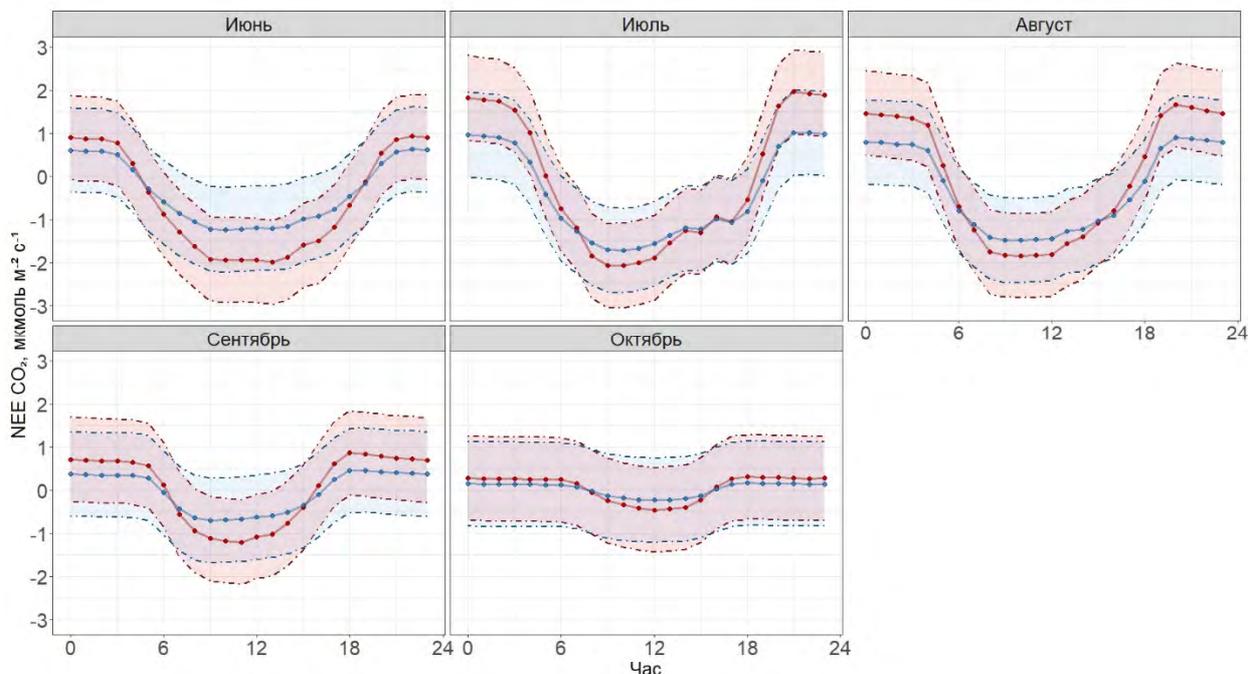


Рисунок 3 – Средний суточный ход NEE CO₂ (мкмоль м⁻²с⁻¹) на гряде (выделено красным) и мочажине (выделено синим) верхового болота Мухрино за 2023 г. Контуром обозначено стандартное отклонение

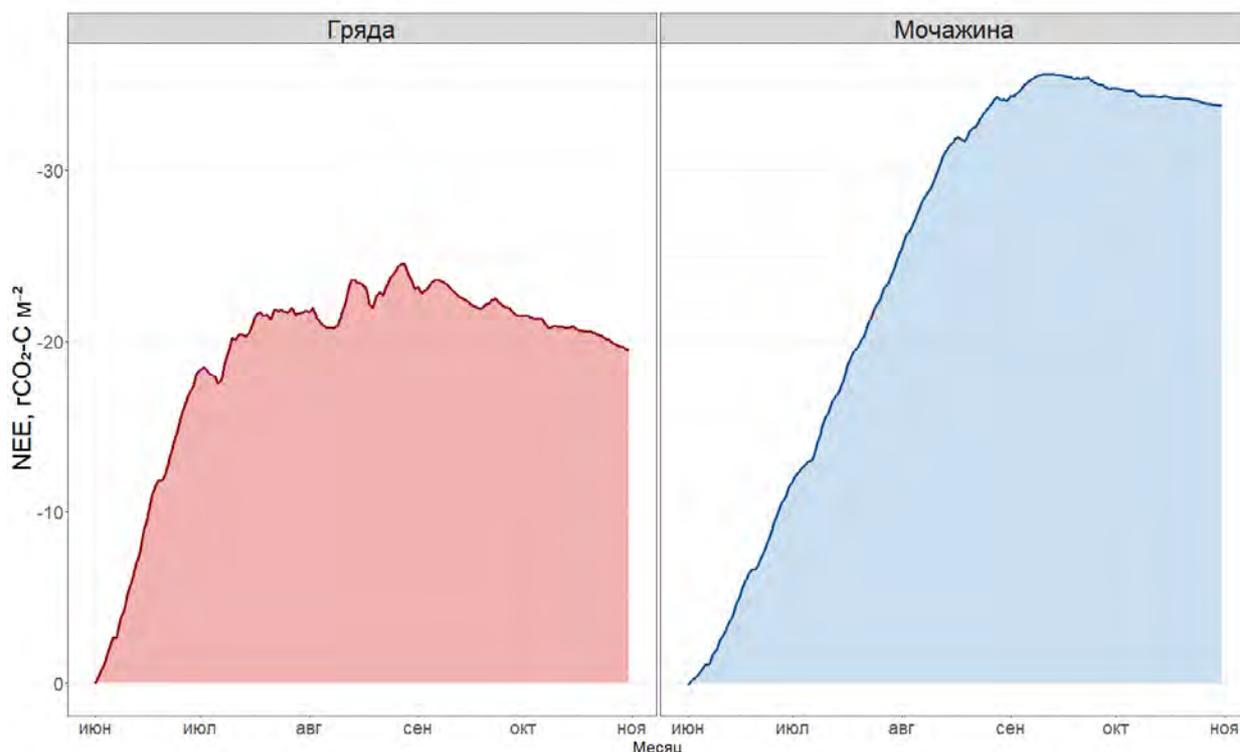


Рисунок 4 – Кумулятивный NEE CO₂-С (грамм м⁻²) на гряде (выделено красным) и мочажине (выделено синим) верхового болота Мухрино за 2023 г.

Заключение. Анализ гидрометеорологических характеристик позволил выявить, что температура воздуха между экосистемами не отличалась. Значения фотосинтетически активной радиации для мочажинного участка в среднем были ниже, чем для гряды. Уровень болотных вод за период исследований не поднимался выше поверхности грядово-мочажинного комплекса. Степень увлажнения и уровень болотных вод на мочажинном участке был выше, чем на гряде.

Использование автоматизированных камер позволило получить высокочастотные данные чистого экосистемного обмена (NEE) CO₂ для грядово-мочажинного комплекса верхового болота Мухрино. Наибольшая вариабельность потоков CO₂ зафиксирована на гряде от -3,80 до +3,13 мкмоль м⁻²с⁻¹. Диапазон колебаний потоков на мочажине составлял от -2,62 до +1,70 мкмоль м⁻²с⁻¹. Наибольшая амплитуда потоков CO₂ наблюдалась в июле и августе, наименьшая в октябре. Зафиксировано, что к концу измерительного сезона амплитуда потока CO₂ постепенно снижалась, как на гряде, так и в мочажине.

За исследуемый период, в суточном ходе NEE CO₂ поглощение превалировало с утра (05:00-8:00) до вечера (15:00-19:00). Наибольшая длительность поглоще-

ние экосистем наблюдалась в июле, наименьшая в октябре. Из суточного хода NEE, зафиксировано, что для гряды продолжительность поглощения CO₂ в среднем меньше на час. Максимальные значения скорости ассимиляции и выделения CO₂ фиксировались на гряде. К октябрю длительность ассимиляции CO₂ и скорость выделения и поглощения в экосистемах постепенно уменьшалась, что предположительно связано с понижением среднесуточных значений температуры воздуха и уменьшений ФАР.

Обнаружено, что поглощение CO₂-C превалировало в гряде до 28 августа (88 дня), в мочажине до 11 сентября (102 дня). Более эффективным нетто-стоком CO₂-C по результатам исследования выступает мочажина -33.74 гCO₂-C м⁻². Продуктивность гряды составляет -19.47 гCO₂-C м⁻². По полученным результатам обе экосистемы характеризуются как нетто-сток CO₂-C.

Дальнейшее увеличение сезонного охвата и количества исследуемых экосистем способно внести значительный вклад в корректировку современной математической модели углеродного баланса среднетаежной зоны Западной Сибири и зафиксировать характер годового нетто-обмена экосистем.

Список литературы

1. Bond-Lamberty B., Bailey V.L., Chen M. et al. Globally rising soil heterotrophic respiration over recent decades. *Nature*, 560(7716): 2018. 80-83. <https://doi.org/10.1038/s41586-018-0358-x>.
2. Dyukarev E., Filippova N., Karpov D. et al. Hydrometeorological dataset of West Siberian boreal peatland: a 10-year record from the Mukhrino fieldstation. *Earth System Science Data*, 13(6): 2021. 2595-2605. <https://doi.org/10.5194/essd-13-2595-2021>.
3. Dyukarev E., Zarov E., Alekseychik P. et al. The multiscale monitoring of peatland ecosystem carbon cycling in the middle taiga zone of Western Siberia: the Mukhrino bog case study. *Land*, 10(8): 2021. 824. <https://doi.org/10.3390/land10080824>.
4. Dyukarev E.A., Godovnikov E.A., Karpov D.V. et al. Net Ecosystem Exchange, Gross Primary Production and Ecosystem Respiration In Ridge-Hollow Complex At Mukhrino Bog. *GEOGRAPHY, ENVIRONMENT, SUSTAINABILITY*. 12(2): 2019. 227-244. <https://doi.org/10.24057/2071-9388-2018-77>.
5. Harenda K.M., Lamentowicz M., Samsom M., Chojnicki B.H. The role of peatlands and their carbon storagefunction in the context of climate change. *Interdisciplinary Approaches for Sustainable Development Goals*, (eds. T. Zielinski, I. Sagan, W. Surosz), Springer Cham. 2018. 169-187, https://doi.org/10.1007/978-3-319-71788-3_12.
6. IPCC (eds. Core Writing Team, H. Lee, J. Romero). *Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. IPCC, Geneva, Switzerland, 2023. 184 p. doi: 10.59327/IPCC/AR6-9789291691647.
7. Kulik A.A., Zarov E.A. The influence of the hydrometeorological factors on the CO₂ fluxes from the oligotrophic bog surface. // *Environmental Dynamics and Global Climate Change*. Vol. 14. N. 4. 2023. P. 249-263. doi: 10.18822/edgcc624160.
8. Kupriianova I.V., Kaverin A.A., Filippov I.V. et al. The main physical and geographical characteristics of the Mukhrino field station area and its surroundings. *Environmental Dynamics and Global Climate Change*, 13(4): 2022. 215-252. doi: 10.18822/edgcc240049.
9. *Peatlands and climate change* (ed. M. Strack). IPS, International Peat Society, 2008. 227 p.
10. Wickham H. *Data Analysis*. In: *ggplot2. Use R!* Springer, Cham. 2016. https://doi.org/10.1007/978-3-319-24277-4_9.
11. Wickham H., Francois R., Henry L. et al. *dplyr: A Grammar of Data Manipulation*. R package version 1.1.4. 2023. <https://github.com/tidyverse/dplyr>, <https://dplyr.tidyverse.org>.
12. Wilke, C. O. *Fundamentals of data visualization: a primer on making informative and compelling figures*. O'Reilly Media. 2019. 389 p.
13. Wutzler T. et al. Basic and extensible post-processing of eddy covariance flux data with REddyProc // *Biogeosciences*. T. 15. №. 16. 2018. C. 5015-5030.
14. Xu J., Morris P.J., Liu J., Holden J. PEATMAP: Refining estimates of global peatland distribution based on a metaanalysis. *Catena*, 160: 2018. 134-140. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2017.09.010>.
15. Yu Z., Loisel J., Brosseau D.P. et al. Global peatland dynamics since the Last Glacial Maximum. *Geophysical research letters*, 37(13). 2010. <https://doi.org/10.1029/2010GL043584>.
16. Zarov E.A., Jacotot A., Kulik A.A. et al. The carbon dioxide fluxes at the open-top chambers experiment on the ombrotrophic bog (Mukhrino field station) // *Environmental Dynamics and Global Climate Change*. Vol. 13. N. 4. 2022. P. 194-201. doi: 10.18822/edgcc168830.
17. Zeileis, A., Grothendieck, G. zoo: S3 infrastructure for regular and irregular time series. 2005. arXiv preprint math/0505527.
18. Zemtsov A.A., Mezentsev A.V., Inisheva L.I. *Peatlands of Western Siberia: their role in the biosphere*. Tomsk: TGU, SibNIIT, 1998. 72 p.

ФЛОРА И РАСТИТЕЛЬНОСТЬ ГИПНОВЫХ БОЛОТ ЛЕСНОЙ ЗОНЫ СЕВЕРНОЙ ЕВРАЗИИ

Е.Д. Лапшина, Г.Н. Ганасевич, И.В. Филиппов

ФГБОУ ВПО Югорский государственный университет, Ханты-Мансийск, Россия, e_lapshina@ugrasu.ru

Изучена растительность ненарушенных гипновых болот лесной зоны Северной Евразии. В системе подхода Браун-Бланке все сообщества этих болот отнесены к 5 союзам и 3 порядкам в 1 классе – Scheuchzerio-Caricetea fuscae. Выполнена экологическая оценка местообитаний установленных синтаксонов с использованием экологических шкал Л. Г. Раменского, их ординация в многомерном пространстве методом t-SNE.

В лесной зоне Северной Евразии болотные экосистемы занимают огромные площади. Они выполняют уникальные биосферные функции, такие как поддержание водного баланса территории, связывание CO₂ и депонирование углерода в виде торфяной залежи. Не менее велика роль болот в сохранении биологического разнообразия территории, поскольку они являются местообитаниями, и часто последними убежищами для многих редких в мировом масштабе и исчезающих видов флоры и фауны, связанных с болотными ландшафтами, обеспечивая существование изолированных популяций многих биологических видов, уязвимых в условиях изменения климата. Особенно ценными в этом отношении являются гипновые болота богатого грунтового питания, на которых сосредоточено большее число редких и нуждающихся в охране видов [3].

Гипновые болота – это редкие типы болот, характеризующиеся своеобразной флорой и растительностью, имеющие ограниченное распространение в лесной зоне и представленные в тундровой зоне Северной Евразии. С ботанической точки зрения они представляют собой древесно-моховые, кустарниково-моховые и травяно-моховые фитоценозы, в напочвенном покрове которых доминируют гипновые мхи.

Высокие агрохимические свойства низинного торфа и относительно несложная техника осушения открытых гипновых топей привели к тому, что в Западной Европе гипновые болота практически полностью исчезли, а в Восточной Европе, Европейской части России и на юге Западной Сибири они в значительной степени осушены в ходе лесомелиорации или трансформированы в сельскохозяйственные угодья. Собственно, поэтому и многие обитающие на гипновых болотах виды стали редкими, что еще ярче проявляется на севере лесной зоны, где сами эти типы болот – большая редкость по причине бедности почвообразующих пород и грунтовых вод минеральными элементами. Относительно широкое распространение растительные сообщества с преобладанием гипновых мхов вновь приобретают в зоне распространения сплошной многолетней мерзлоты в составе болотных комплексов тундровой зоны Евразии.

Для анализа флоры и растительности гипновых болот Северной Евразии использовано более 700 геоботанических описаний, выполненных нами на юге лесной зоны (1999-2004), в северной тайге и лесотундре (2017-2022) Западной Сибири, южных тундрах Западной Сибири (2018-2019), п-ва Таймыр (2021) и тундровой зоны Якутии (2023). Кроме того, использованы все доступные опубликованные описания гипновых болот с территории Европейской части России [1, 2, 6, 7].

Все разнообразие растительных сообществ гипновых болот на обследованных ключевых участках относится к пяти союзам трех порядков *Sphagno warnstorffii-Tomentypneetalia* Lapshina 2010, *Caricetalia nigrae* Koch 1926 и *Caricetalia davallianae* Br.-Bl. 1950 класса *Scheuchzerio-Caricetea nigrae* (Nordh. 1936) Tx. 1937.

Сообщества класса *Scheuchzerio-Caricetea* объединяют растительность олигомезотрофных и мезотрофных торфяных болот с преобладанием осок и мохообразных. К этому классу относят как флористически богатые сообщества низинных осоково-гипновых болот богатого грунтового и смешанного питания, так и сравнительно маловидовые сообщества мезотрофных и олиготрофных осоково-сфагновых топей и мочажин переходных и верховых болот горных и равнинных пространств умеренной зоны Голарктики [4].

Порядок *Caricetalia davallianae* включает два союза *Caricion davallianae* Klika 1934 и *Caricion atrofuscae-saxatilis* Nordhagen 1943. Союз *Caricion davallianae* охватывает осоково-моховую растительность болот богатого грунтового питания на торфяных и торфяноминеральных карбонатных почвах Европы. Основные доминанты союза – *Blysmus compressus*, *Carex hostiana*, *C. lepidocarpa*, *Dactylorhiza incarnata*, *Epipactis palustris*, *Eriophorum latifolium*, *Liparis loesselii*, *Orchis palustris*, *Schoenus nigricans*, *S. ferrugineus*, *Tofieldia calyculata*, *Thalictrum alpinum*. На болотах Северо-Запада России к диагностическим видам союза добавляют также *Primula farinosa*, *Potentilla erecta*, *Carex capillaris*, *C. panacea*, *Polygala amarella*, *Scorpidium cossonii* [6]. Союз *Caricion atrofuscae-saxatilis* представлен изкопродуктивными осоково-гипновыми сообществами на карбонатных минеральных и органоминеральных увлажненных почвах в горах Центральной Европы, Скандинавии, арктических горных системах Европы и Северной Азии. Диагностические виды союза *Carex atrofusca*, *C. capillaris*, *C. parallela*, *C. redowskiana*, *C. vaginata*, *C. quasivaginata*, *Catocopium nigrum*, *Cinclidium arcticum*, *Juncus triglumis*, *Meesia uliginosa*, *Minuartia stricta*, *Polygonum viviparum*, *Salix reticulata*, *Tofieldia pusilla*. Константные и дифференциальные виды по отношению к союзу *Caricion davallianae*: *Equisetum scirpoides*, *Pedicularis oederi*, *Pinguicula alpina*, *Saussurea alpina*, *Distichium capillaceum*.

Порядок *Sphagno warnstorffii-Tomentypneetalia* Lapshina 2010 включает открытые осоково-гипновые и гипново-сфагновые топи, ерники и мелкоцелья богатого и умеренно богатого, нередко карбонатного, грунтового питания бореальной и гемибореальной зон Восточной Европы и юга Западной и Средней Сибири. Союз

Saxifrago–Tomentypnion Lapshina 2010 охватывает открытые осоково-гипновые и вахтово-осоково-гипновые топи, ерники и болотные березовые мелкокошья богатого грунтового питания на юге лесной зоны Восточной Европы и Западной Сибири. Союз представлен двумя группами сообществ, различающихся по уровню увлажненности их местообитаний. Доминантами напочвенного покрова в сообществах одной группы являются *Bryum pseudotriquetrum*, *Drepanocladus aduncus*, *D. sendtneri*, *Hamatocaulis vernicosus*. В более дренированных условиях в напочвенном покрове гипновых сообществ преобладают *Aulacomnium palustre*, *Tomentypnum nitens* с примесью *Helodium blandowii* и других мхов.

К порядку *Caricetalia nigrae* Koch 1926 относят осоково-травяно-моховую растительность, нередко с преобладанием гипновых мхов, на слабо до кислых и от умеренно богатых до бедных торфяных, торфянистых и минеральных переувлажненных почвах. В настоящее время порядок включает два союза. Союз *Caricion stantis* Matveyeva 1994, объединяющий осоково-моховую растительность низинных полигональных и валиково-полигональных болот и широких ложбин стока в тундровой зоне Евразии и Северной Америки. Доминантами мохового покрова являются *Drepanocladus brevifolius*, *Cinclidium* spp., *Loeskyum badium*, *Meesia triquetra*, *Scorpidium revolvens*, *Scorpidium scorpioides*. К этому же порядку относят союз *Drepanocladion exannulati* Krajina 1934 – растительность некарбонатных относительно бедных видами низкопродуктивных пу-

шицево-осоково-гипновых сообществ с доминированием видов бывшего рода *Warnstorfia* spp. (*Sarmentypnum exannulatum*, *S. sarmentosa*, *Warnstorfia fluitans*, *W. tundrae*) в бореальных и арктических регионах и высокогорьях Северной Евразии [9].

Выполнена экологическая оценка местообитаний всех установленных сообществ гипновых болот с использованием экологических шкал Л. Г. Раменского [5]. Проведена ординация всех выделенных синтаксонов на уровне союзов в многомерном пространстве методом стохастического встраивания соседей с t-распределением – t-SNE (t-distributed stochastic neighbor embedding), позволяющий отображать на плоскости многомерные гиперпространства [8]. Особенностью этого метода является то, что он контрастно разделяет и визуализирует кластеры в виде скоплений точек, однако не позволяет оценить расстояния между отдельными кластерами. Поэтому для окончательного принятия решения об иерархической структуре высших синтаксонов растительности гипновых болот мы опирались на иерархический кластерный анализ и дендрограмму, как его результат.

Привлечение всего объема накопленного материала и расширение обзора на всю территорию Евразии, включая регионы российского Дальнего Востока, позволит более полно и наглядно продемонстрировать иерархическую структуру и различия высших единиц растительности гипновых болот в структуре класса *Scheuchzerio-Caricetea*.

Список литературы

1. Ивченко Т.Г. Редкие болотные сообщества с *Schoenus ferrugineus* на Южном Урале (Челябинская области) // Ботан. журн. Т. 97. № 6. 2012. С. 783–790.
2. Лавриненко О.В., Матвеева Н.В., Лавриненко И.А. Сообщества класса *Scheuchzerio-Caricetea nigrae* (Nordh. 1936) Тх. 1937 в восточноевропейских тундрах // Растительность России. № 28. 2016. С. 55–88. <https://doi.org/10.31111/vegus/2016.28.55>.
3. Лапшина Е.Д. Флора болот юго-востока Западной Сибири. Томск. 2003. 296 с.
4. Лапшина Е.Д. Растительность болот юго-востока Западной Сибири. Новосибирск. 2010. 168 с.
5. Раменский Л.Г., Цаценкин И.А., Чижигов О.Н., Антипов Н.А. Экологическая оценка кормовых угодий по растительному покрову. М.: Сельхозгиз. 1956. 472 с.
6. Смагин В.А. Травяная и травяно-моховая растительность евтрофных болот таежной зоны европейской части России и ее синтаксономия // Бот. журн. Т. 89. № 8. 2004. С. 1302–1319.
7. Федотов Ю.П. Болота запоедника «Брянский лес» и Неруссо-Деснянского полесья (флора и растительность). Брянск. 1999. 106 с.
8. Maaten L. van der, Hinton G. Visualizing Data using t-SNE // J. of Machine Learning Research. Vol. 9. 2008. P. 2579–2605.
9. Peterka T., Hájek M., Jiroušek M. et al. Formalized classification of European fen vegetation at the alliance level // Appl. Veg. Sci. Vol. 20. 2017. P. 124–142. <https://doi.org/10.1111/avsc.12271>.

ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИКИ СОВРЕМЕННОГО РАСТИТЕЛЬНОГО ПОКРОВА ГОРНЫХ БОЛОТ КАВКАЗА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОПУБЛИКОВАННЫХ КАРТОСХЕМ

Н.С. Ликсакова¹, Г.Я. Дорошина¹, Т.Г. Ивченко¹,
Д.С. Шильников², К.В. Щукина¹, Д.С. Кессель¹

¹Ботанический институт имени В.Л. Комарова РАН, Санкт-Петербург, Россия, nliks@mail.ru, marushka-le@mail.ru, ivchenkotat@mail.ru, vyatka_ks_72@mail.ru, dasha_kessel@mail.ru
²Перкальский дендрологический парк БИН РАН, Пятигорск, Россия, demons2002@yandex.ru

Путем сопоставления современного состояния растительности горных болот Кавказа с картосхемами из литературных источников проведено исследование современной динамики их растительного покрова. Показана разнонаправленность и разная скорость изменений, происходящих в растительности болот, при общей тенденции к уменьшению площади открытой воды.

Горные болота Кавказа не занимают больших площадей, размеры их редко превышают 0,1-1,0 га. Образование и развитие растительного покрова данных массивов часто связано с зарастанием озер. Большинство озер приурочено к ледниковым формам рельефа, но многие возникли вследствие карстово-суффозионных процессов [3]. Вопросы зарастания и заболачивания озер Кавказа ранее были освещены в работах В.В. Акатова [1, 2]. Для установления скорости данного процесса В.В. Акатов использовал любительские фотографии разных лет и аэрофотосъемку. Растительные сообщества болот часто имеют более или менее четкие очертания и закономерное распределение, что облегчает составление картосхем. Современное состояние растительного покрова хорошо выявляется при сопоставлении полевых материалов и космических снимков высокого разрешения.

В наших исследованиях мы решили продолжить опыт предшественников. Для выявления динамики болот использовались картосхемы из работ Д.А. Тарноградского в окрестностях пос. Верхняя Балкария (Центральный Кавказ) [6] и В.В. Акатова на озерах Хмелевского (склон г. Ачишхо, Западный Кавказ) [2].

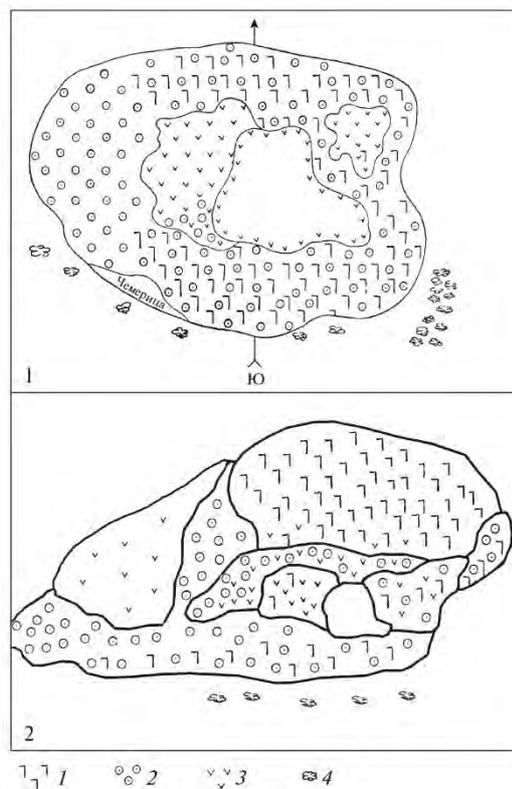
Болота и зарастающие озера в окрестностях пос. Верхняя Балкария располагаются на северном макросклоне Кавказа, на левом берегу р. Курноятсу, протекающей по Североюрской депрессии – межгорному понижению, разделяющему Боковой и Скалистый хребты, на высоте 1600-1830 м. Здесь на пологом северном склоне Бокового хребта распространены холмистые моренные отложения, образующие террасы и впадины. Озера и болота приурочены здесь к выходам грунтовых вод и к понижениям между моренными холмами. Они различаются по глубине, степени проточности и зарастания, а их растительность характеризуется высокой пестротой и разнообразием [4]. Минерализация этих болот составляет 20-40 мг/л, реакция от кислой до практически нейтральной (рН 4,3-6,8) [10].

Летом 1957 г. Д.А. Тарноградский исследовал микрофлору и микрофауну этих болот. Он составил 4 картосхемы растительности зарастающих озер и болот, названных им «осоково-сфагновыми озерами». На них он обозначил сфагны *Sphagnum* sp., осоки *Carex* sp., вахту *Menyanthes trifoliata*, кустарник, камни, тростник *Phragmites australis*, прочие мхи. Мы проводили исследования растительности этих болот в 2020 г. и 2021 г. Нам удалось сопоставить с современными болотами 3 картосхемы Тарноградского (рисунки 1, 2, 3).

Для составления картосхем мы использовали фотографии и геоботанические описания с геопривязкой, а также крупномасштабные космические снимки Yandex. Для наглядности на составленных нами картосхемах использованы легенда и условные обозначения Д.А. Тарноградского.

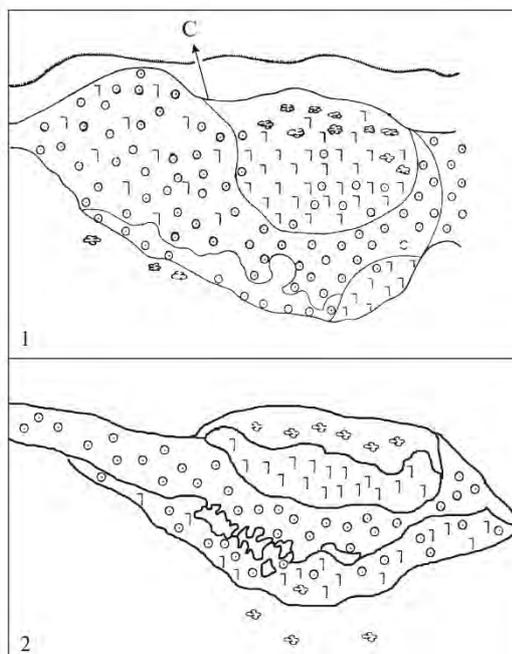
На рисунке 1 хорошо заметно уменьшение площади открытой воды. В северной части болота осоково-сфагновое сообщество к настоящему времени сменилось вахтово-сфагновым с участием шикши *Empetrum caucasicum*. Вахта по-прежнему обильна к северо-востоку и к западу от открытой воды. Поскольку вахта считается пионером образования надводных сплавин, возможно, площадь открытой воды уменьшилась из-за

нарастания сплавин с ее участием. Часть осокового сообщества у западного края болота сменилась вахтово-вахцевым.



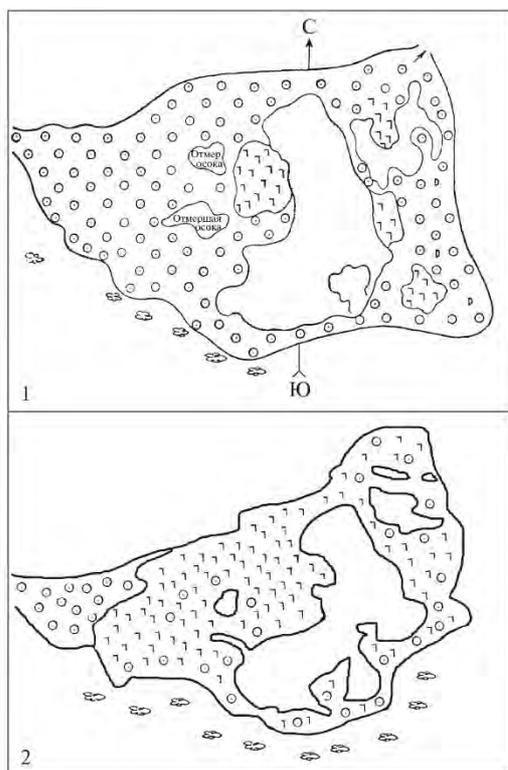
Условные обозначения: 1 – *Sphagnum* sp., 2 – *Carex* sp., 3 – *Menyanthes trifoliata*, 4 – кустарник (по: [4])

Рисунок 1 – Сопоставление картосхемы 1-го осоково-сфагнового озера из работы Д.А. Тарноградского [6] (1) с современной картосхемой (2)



Условные обозначения: см. рисунок 1

Рисунок 2 – Сопоставление картосхемы 3-го осоково-сфагнового озера из работы Д.А. Тарноградского [6] (1) с современной картосхемой (2)



Условные обозначения: см. рисунок 1

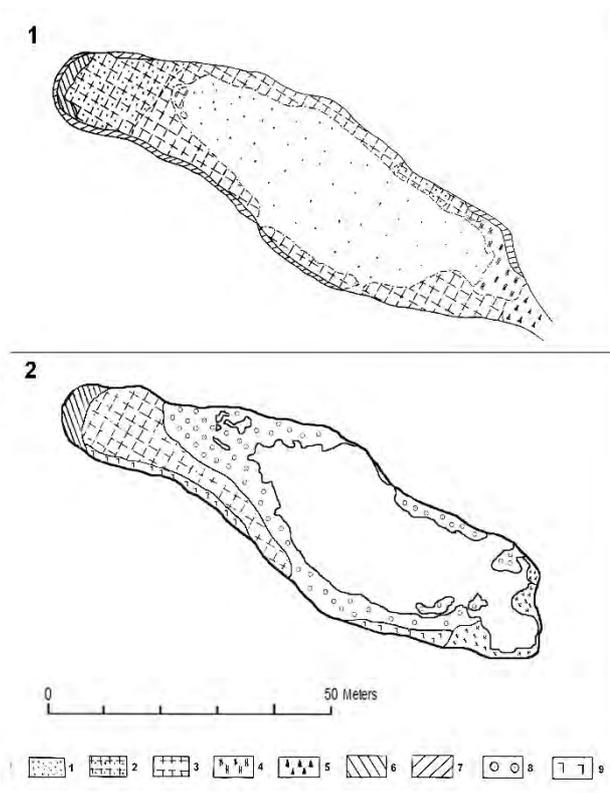
Рисунок 3 – Сопоставление картосхемы 4-го осоково-сфагнового озера из работы Д.А. Тарноградского [6] (1) с современной картосхемой (2)

На рисунке 2 «3-е осоково-сфагновое озеро» практически не изменилось, лишь в центральной части на месте осоково-сфагновых сообществ, отмеченных Д.А. Тарноградским, сейчас преобладают осоковые сообщества и присутствуют небольшие окна открытой воды. Их появление может свидетельствовать о деградации болота либо об увеличении обводнения.

На рисунке 3 видно, что на «4-м осоково-сфагново озеро» очертания водной поверхности остались почти прежними. Вокруг воды на картосхеме Д.А. Тарноградского отмечены осоковые сообщества с небольшими островками сфагнов, сейчас же практически все осоковые сообщества сменились сфагновыми и осоково-сфагновыми.

Таким образом, здесь мы наблюдаем три разнонаправленных процесса: зарастание водной поверхности путем образования сплавины, смену осоковых сообществ осоково-сфагновыми и обратный процесс смены осоково-сфагновых сообществ осоковыми с возникновением просветов открытой воды.

Озера Хмелевского находятся на южном макросклоне Главного Кавказского хребта, относящемся к бассейну р. Мзымта. Они располагаются на восточном отроге хребта Ачишхо на высоте от 1700 до 1780 м над у.м. Основную роль в формировании озер сыграли здесь суффозионные процессы [7]. Озера бессточные и очень слабо минерализованные (10-15 мг/л), характеризуются слабокислой реакцией (рН 5,4-5,8). В.В. Акатов на основе фотографий и аэрофотоснимков на картосхеме одного из озер (оз. Западного) отобразил увеличение площади сообщества *Carex rostrata* + *Calliergon cordifolium* в 1984 г. по сравнению с 1937 г. Площадь открытой водной поверхности за счет этого



Условные обозначения: 1 – сообщество *Calliergon cordifolium* (в настоящее время здесь открытая вода); 2, 3 – *Carex rostrata* + *Calliergon cordifolium* в границах 1937 г. (2) и 1984 г. (3); 4 - *Eleocharis austriaca* + *Calliergon cordifolium* у В.В. Акатова, чистые заросли *Eleocharis austriaca* в настоящее время; 5 – *Juncus filiformis* + *Calliergon cordifolium* у В.В. Акатова, *Juncus filiformis* с *Carex leporina* в настоящее время; 6 – *Caricetum dacicae* у В.В. Акатова, сообщество *Carex transcaucasica* с участием *Carex rostrata*, *Eleocharis austriaca*, *Warnstorffia fluitans* и сфагнумов; 7 – *Deschampsio-caricetum dacicae*; 8 – чистые заросли *Carex rostrata*; 9 – сообщества *Carex rostrata* с *Warnstorffia fluitans* и сфагновыми мхами

Рисунок 4 – Картосхемы растительности оз. Западного: 1 – по В.В. Акатову [2], 2 – современное состояние

заметно уменьшилась. Изменения в растительности озера В.В. Акатов зафиксировал на картосхеме [2].

Летом 2023 г. мы обследовали болотную растительность этого озера. При сравнении наших данных с картосхемой В.В. Акатова (рисунок 4) видно, что состав растительных сообществ с того времени изменился. Так, на южном и юго-западном берегах озера появились сообщества из *Carex rostrata* и *Warnstorffia fluitans* с заметным участием сфагновых мхов. Они образовались на месте *Deschampsio-caricetum dacicae*, в настоящее время нами не обнаруженных. В сообществах с *Carex transcaucasica* (= *C. dacica* auct.), расположенных на западной оконечности озера на месте *Caricetum dacicae*, сейчас заметную роль играют *Carex rostrata* и *Eleocharis austriaca*, а в моховом покрове обильна *Warnstorffia fluitans* и присутствуют сфагнумы. Ближе к центральной части озера на месте осоково-гипновых сообществ сейчас расположены практически чистые заросли *Carex rostrata*. А в моховом покрове осоково-гипновых сообществ в настоящее время обильна *Warnstorffia fluitans*. Кроме того, продолжается уменьшение площади открытой воды, что свидетельствует о прогрессирующем зарастании озера. Лишь в восточной

части в краевых зарослях образовались просветы, связанные, по всей видимости, с интенсивным выпасом.

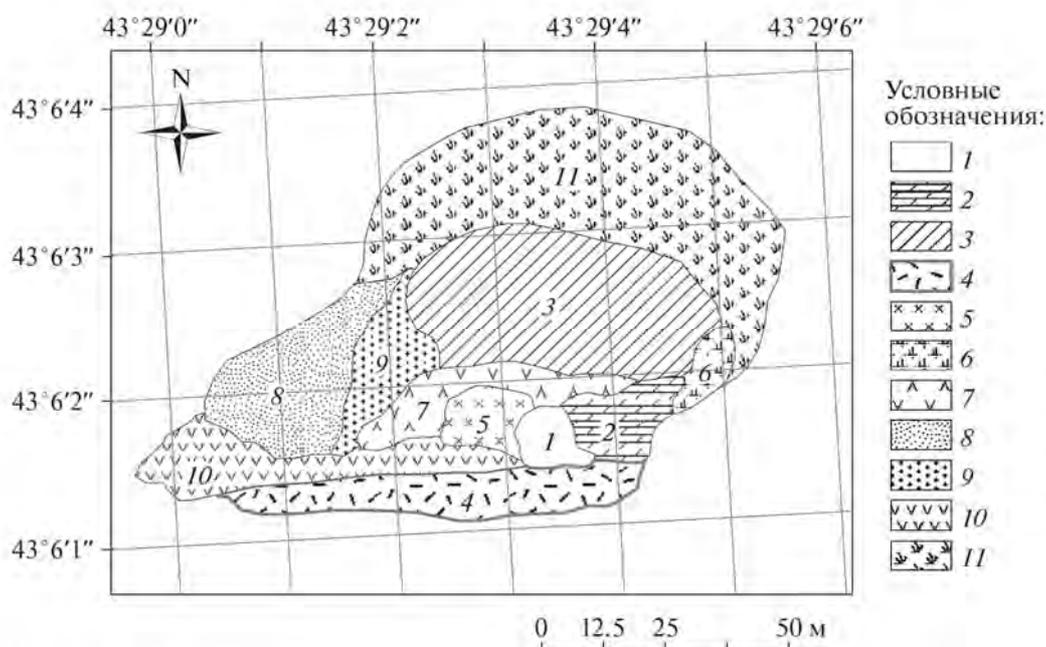
К настоящему времени описана общая тенденция развития и угасания горных болот на Кавказе, связанная с ходом ледникового процесса. Так, на самых верхних приледниковых местообитаниях располагаются наиболее молодые болотные группировки, в то время как ниже встречаются более старые массивы, раньше вышедшие из-под ледника [8, 9]. И.И. Тумаджанов [8] прослеживает основное направление зарастания открытых водоемов на высоте около 1800 м в долине р. Теберды, где от наиболее к наименее обводненным участкам гипновые осочники сменяются сфагновым покровом, переходя дальше в торфянисто-олиготрофные травянистые и кустарниковые ассоциации, а при дальнейшем нарастании слабо разложившегося торфа – в белоусники. Подобную динамику – переход осоково-гипновых сообществ в осоково-сфагновые по краю озер в процессе их зарастания – наблюдали В.А. Смагин и М.А. Бочук [5] в Ленинградской области.

В.В. Акатов [1] подробно описал зарастание озер на разных высотах под влиянием разных экологических факторов. По его данным, практически не зарастают озера, расположенные в альпийском поясе выше 2600 м; у нижней границы альпийского пояса более интенсивно, преимущественно осокой транскавказской *Carex transcaucasica*, зарастают проточные водоемы. В субальпийском поясе чаще всего разрастаются *C. transcaucasica* и *C. rostrata*, образуя дерновинные сплавины или укореняясь на дне. Причем осоково-сфагновые сплавины автор относит к начальным стадиям зарастания наряду с осоково-гипновыми. Сплавины заселя-

ются как болотными видами, так и видами переувлажненных лугов. Позднее через стадию доминирования щучки дернистой *Deschampsia cespitosa* на месте болот развиваются заторфованные белоусовые луга. Сплавины, образованные *C. rostrata*, чаще всего зарастают олиготрофные непроточные суффузионные озера, сосредоточенные на высокогорных массивах Ачишхо и Большая Чура. К ним относятся и озера Хмелевского.

Несмотря на общие тенденции, из наших данных видно, что на конкретных болотах и зарастающих озерах изменения идут с разной скоростью и в разных направлениях. Так, для оз. Западного не подтвердилась тенденция увеличения роли сообществ *Deschampsia cespitosa* – напротив, они исчезли в тех местах, где ранее были отмечены. А для 3-го осоково-сфагнового озера не подтвердилась смена осоковых сообществ сфагновыми – осоково-сфагновые сообщества сменились здесь осоковыми (см. рисунок 2). Вероятно, при удалении от ледника уменьшается роль общих тенденций и возрастает значение локальных условий, таких как минерализация, проточность, изменение гидрорежима.

В работах В.В. Акатова [1, 2] приводятся еще несколько картосхем растительности зарастающих озер, которые также можно использовать для прослеживания ее изменений за последние 40 лет. Для исследований динамики растительности в будущем на основе полевых данных в 2021 г. нами была составлена крупномасштабная карта растительности одного из болот в окрестностях пос. Верхняя Балкария (рисунок 5). Эта карта даст возможность проследить изменения растительности спустя несколько лет или десятков лет.



Легенда: 1 – открытая вода; 2 – вахтово-сфагновая (*Sphagnum flexuosum*) сплавина; 3 – вахтово-сфагновое (*Sphagnum fuscum*, *Sph. divinum*); 4 – осоково-сфагновое (*Carex rostrata*); 5 – осоково-вахтовое гипново-сфагновое (*Carex disticha*, *Sphagnum squarrosum*); 6 – хвощево-осоковое (*Equisetum palustre*, *Carex diandra*, *C. elata*) с участием сфагнов (до 50% – *Sphagnum teres*, *Sph. divinum*) и гипновых мхов (*Calliergonella cuspidata*, *Campylium protensum*); 7 – осоково-вахтовое с *Carex disticha*, с незначительным участием *Sphagnum squarrosum*; 8 – вахтово-хвощево; 9 – осоковое с *Carex rostrata*; 10 – хвощево-осоковое с *Carex cespitosa*; 11 – хвощево-молиниевое (*Molinia caerulea*) (по: [4])

Рисунок 5 – Карта растительности одного из болот в долине р. Курнойцетс

Список литературы

1. Акатов В.В. Основные тенденции в зарастании высокогорных озер Северо-Западного Кавказа. – Бот. журн. 71 (6): 1986. С. 798–804.
2. Акатов В.В. Растительность высокогорных водоемов Северо-Западного Кавказа: Дис. ... канд. биол. наук. 1987. 229 с.
3. Ефремов Ю. В. Генетическая классификация горных озер Западного Кавказа // Сб. работ Ростовской Гмо. Вып. 17. 1980. С. 109–118.
4. Ликсакова Н.С., Шильников Д.С., Дорошина Г.Я. Растительность болот бассейна реки Черек Балкарский (Кабардино-Балкарская республика). – Бот. журн. 108(12): 2023. С. 1065–1082.
5. Смагин В.А., Бойчук М.А. Сукцессии при современном заболачивании озер Ленинградской области. – Бот. журн. 107(3): 2022. С. 269–286.
6. Тарноградский Д.А. Микрофлора и микрофауна торфяников Кавказа. 8. Осоково-сфагновые озера в верховьях реки Балкарский Черек. – Работы Северо-Кавказской гидробиологической станции при ГСХИ. 6 (3): 1959. С. 2–17.
7. Тарчевский Б.А. Очерки географии Большого Сочи. Издательские решения. 2018. 154 с.
8. Тумаджанов И.И. Очерк болотной растительности долины р. Теберды. – Труды Тбилисского ботанического института. 12: 1948. С. 17–54.
9. Шифферс Е.В. Растительность Северного Кавказа и его природные кормовые угодья. М.-Л., 1953. 399 с.
10. Prokin A.A., Sazhnev A.S., Philippov D.A. Water beetles (Insecta: Coleoptera) of some peatlands in the North Caucasus // Nature Conservation Research. Vol. 4(2). 2019. P. 57–66. <https://dx.doi.org/10.24189/ncr.2019.016>.

ОСОБЕННОСТИ КАРТОГРАФИРОВАНИЯ МЕРЗЛЫХ БОЛОТ СЕВЕРО-ЗАПАДА ПЛАТО ПУТОРАНА

Е.А. Макарова^{1,2}, Н.Г. Мазей¹, Е.Ю. Новенко²

¹Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия, katmak2001@gmail.com

²Институт географии РАН, Москва, Россия

В работе представлено выполненное крупномасштабное ландшафтное картографирование двух болотных массивов, расположенных на северо-западе плато Путорана в области сплошного распространения многолетней мерзлоты. При создании карт использованы полевые наблюдения и данные дистанционного зондирования. Результаты исследования показали, что болото Микчангда-1 относится к плоскобугристо-ложбинно-топяному типу, для которого характерна высокая мозаичность, болото Микчангда-2 относится к плоским эвтрофным и мезотрофным травяно-гипновым болотам с элементами крупнобугристых болот. Выявлены основные особенности и сложности при картографировании мерзлых болот разного типа.

Крупномасштабное картографирование болотных массивов во многом зависит от региональных особенностей и типа болота. Болотные комплексы северо-запада плато Путорана, в отличие от многих других регионов, слабо изучены, а подобные работы по картографированию и изучению растительности и биотопов на локальном уровне отсутствуют.

Район исследований находится в пределах Средне-сибирского плоскогорья в Сибирской области Субарктического климатического пояса. В качестве модельных объектов были выбраны два болота, названные нами Микчангда-1 и Микчангда-2, которые расположены на побережье озера Лама, в 5 км к востоку от устья реки Микчангда. В ходе полевых работ в августе 2022 г. были выполнены комплексные ландшафтные описания разных биотопов изучаемых болот: 12 точек для болота Микчангда-1 и 4 для болота Микчангда-2. Для уточнения описаний были отобраны образцы мхов, которые затем были определены с использованием атласов-определителей [2, 3]. При создании карт были использованы материалы полевых описаний, а также данные дистанционного зондирования: выделение контуров проведено с помощью снимков высокого космического разрешения (Landsat, ESRI World Imagery), а в качестве топографической основы взята ЦМР ArcticDEM с пространственным разрешением 2 м [5]. Картографирование проведено с целью выявления ландшафтной

структуры изучаемых болот на уровне урочищ, групп фаций и фаций [1]. Урочища были выделены на основании единого мезорельефа и сопряженности биотопов. Главные критерии для обособления фаций – однородность растительного покрова, единый элемент мезорельефа и степень обводненности. В группы фаций были объединены фации, связанные потоком вещества и обладающие схожими характеристиками. Построение карт было выполнено в программе QGIS версии 3.16.16.

Болото Микчангда-1 относится к плоскобугристо-ложбинно-топяному типу [4], для которого характерна высокая мозаичность. При ландшафтном картографировании было выделено 5 урочищ, 2 группы фаций и 5 фаций (рисунок 1).

Наибольшие площади заняты плоскими буграми пучения (группа фаций 3.1) и сопряженными с ними ложбинами (группа фаций 3.2) и межбугорными западинами (группа фаций 3.3). Высота бугров пучения составляет около 2-3 м. Часто они имеют сросшиеся вершины, что в большинстве случаев делает невозможным отделение одного бугра от другого, поэтому при картографировании все бугры пучения были объединены в единый комплекс. Их поверхность покрыта мелкими трещинами и сильно иссушена, что способствовало развитию кустарничкового (*Betula nana*, *Ledum palustre*, *Vaccinium uliginosum*, *V. vitis-idaea*, *Chamedaphne*

calyculata) и мохово-лишайникового покрова (*Cladonia*, *Cetraria*, *Polytrichum strictum*, *P. juniperinum*).

Понижения между буграми представлены обводненными ложбинами (фация 3.2.1), в которых произрастают осоки в сочетании с кустарничками, ерником и гипновыми мхами. Ширина ложбин составляет 1-3 м. От крупной мочажины на западе плоскобугристое болото отделяется краевой ложбиной (фация 3.2.2), по которой протекает ручей. В ней произрастают *Menyanthes trifoliata*, *Carex* sp. и *Salix* sp. Другой тип межбугровых понижений – небольшие западины, шириной до 15-20 м и глубиной до 1-2 м (фация 3.3.2). В растительном покрове наблюдаются осоки, сфагновые (*Sphagnum russowii*, *Sph. arcticum*, *Sph. fuscum*, *Sph. lindbergii*, *Sph. riparium*) и зеленые (*Dicranum bonjeanii*, *Pleurozium schreberi*, *Drepanocladus aduncus*) мхи либо заросли *Equisetum* sp. и *Salix* sp. Некоторые ложбины и западины незамкнуты или полузамкнуты, с очень постепенными границами, не всегда четко отличающиеся от вмещающей поверхности. В центральной части расположена крупная топь с покровом из *Eriophorum* sp., *Carex* sp. и гипновых мхов (фация 3.3.1).

Восточная часть болота более высокая, пологонаклонная (урочище 2). Она представлена густыми зарослями *Salix* sp. и *Betula nana*. На этой поверхности мощность торфа составляет менее 30 см, что позволяет появиться в этой части болота единичным лиственницам и ели, а также их подросту. На востоке в болото вдаются минеральные гряды, сложенные моренными отложениями (урочище 1). Их ширина составляет 20-50 м, а высота – 1-2 м. На этих грядах произрастают лиственнично-еловые багульниково-ерниково-шикшевые лишайниково-зеленомошные редколесья.

Периферийная часть болота на западе представляет собой плоскую поверхность, слабообводненную с кочками высотой до 10 см (урочище 4). В растительном покрове доминируют *Carex* sp. и *Eriophorum* sp., встречаются *Menyanthes trifoliata*, *Chamedaphne calyculata*, *Betula nana*, *Andromeda polifolia*. Из мхов присутствуют только гипновые (30%) – *Leptodictyum riparium*, *Drepa-*

nocladus intermedius и *Warnstorfia* sp. Эту мочажину пересекает выпуклая гряда шириной 5-7 м и высотой 0,3-0,5 м. На ней произрастает густой подрост *Betula* sp. (h до 5 м), а в наземном покрове преобладают *Betula nana*, *Andromeda polifolia*, *Chamedaphne calyculata*, *Vaccinium uliginosum*. В краевой части были отмечены мелкие бугры пучения с покровом из кустарничков. В пределах мочажины отдельно была выделена сильнообводненная часть с осоковым гипновым покровом (фация 4.1).

Окрайку болота представлена приподнятой поверхностью с кочками высотой до 0,4 м (урочище 5). В данном местообитании преобладают *Betula nana*, *Rubus chamaemorus* и различные кустарнички. По кочкам распространены *Sphagnum angustifolium* и *Sph. fimbriatum*, а между ними – *Sph. teres* и *Sph. squarrosum*. Вдоль границы болота произрастает *Salix* sp.

Болото Микчангда-2 отличается более однородной ландшафтной структурой и пологонаклонной поверхностью. Оно относится к плоским эвтрофным и мезотрофным травяно-гипновым болотам с элементами крупнобугристых болот [4]. При картографировании было выделено 4 урочища: залесенное болото, мезотрофное болото, бугор пучения и минеральные гряды (рисунок 2).

В пределах Микчангды-2 наиболее распространены плоские обводненные поверхности мезотрофного болота, расположенные в пониженной части котловины (урочище 3). В растительном покрове преобладают различные осоки и гипновые мхи (*Scorpidium scorpioides* и *Paludella squarrosa*). Также встречаются *Menyanthes trifoliata*, *Comarum palustre*, *Eriophorum russeolum* и некоторые другие виды, проективное покрытие которых составляет менее 10%. В пределах этой поверхности можно выделить грядово-мочажинный комплекс (группа фаций 3.2). Высота гряд относительно основной поверхности составляет менее 1 м, а их длина – 5-7 м. На грядах произрастают редкий подрост *Larix* sp. и *Betula* sp., а также *Salix* sp., *Betula nana* и различные кустарнички. Мочажины частично обводнены, растительный покров представлен преимущественно осоками.

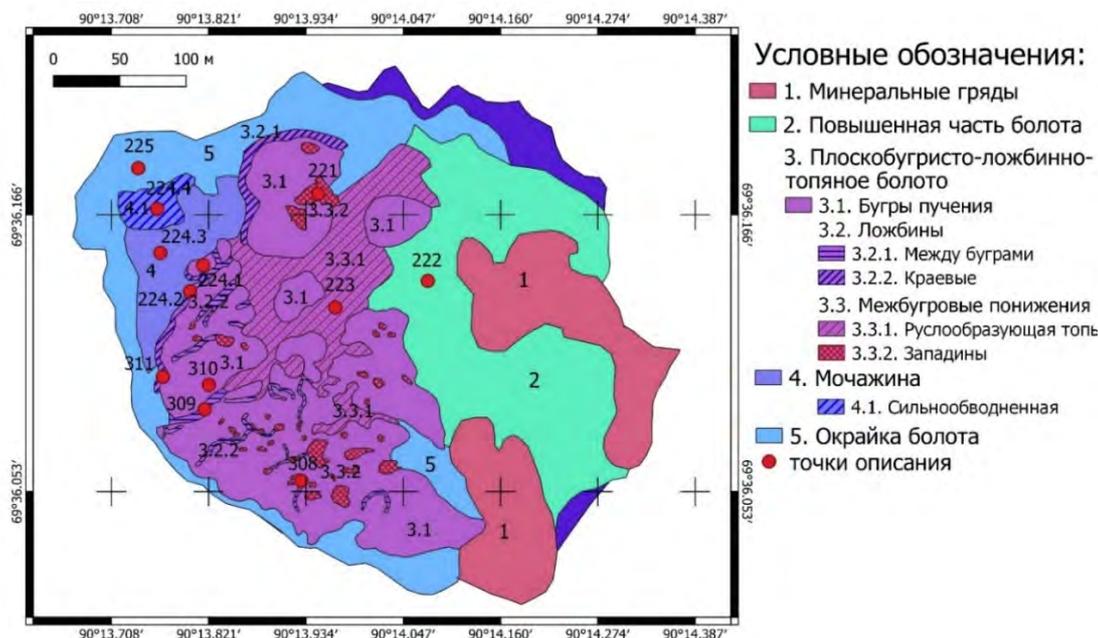


Рисунок 1 – Ландшафтная карта болотного массива Микчангда-1

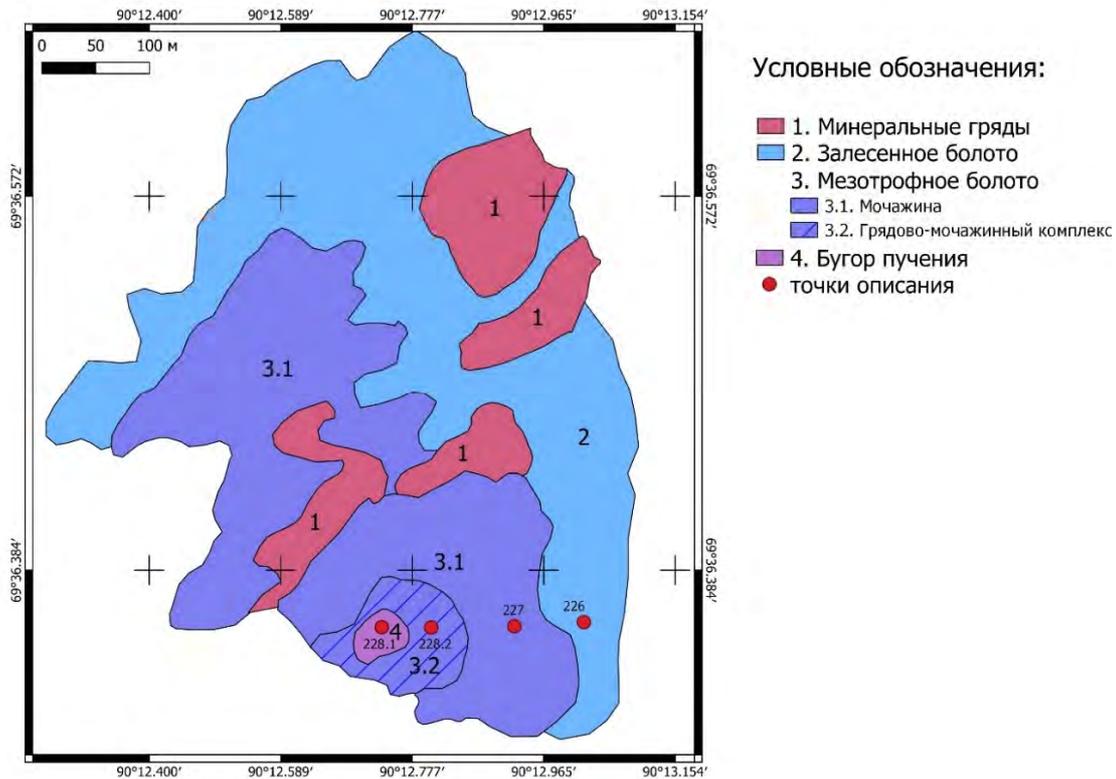


Рисунок 2 – Ландшафтная карта болотного массива Микчангда-2

С севера на юг через болото протягиваются минеральные гряды, разделяющие его на несколько частей (урочище 1). Это выпуклые поверхности с покатыми склонами, шириной около 20-40 м и относительной высотой 1-2 м. Наличие моренных отложений способствует произрастанию в пределах данных комплексов елово-лиственничных редколесий.

В юго-восточной части болота расположен крупный бугор пучения (урочище 4). В настоящее время он находится на стадии разрушения, о чем свидетельствует наличие многочисленных трещин по всей поверхности бугра и торфяных оползней. Он имеет в плане сложную форму: можно выделить две вершины бугра с высотами 1,8 и 3 м и седловину между ними. На поверхности бугра произрастают *Betula nana*, *Ledum palustre*, в меньших количествах – *Vaccinium uliginosum* и *V. vitis-idaea*. В нижних частях склонов появляется морошка *Rubus chamaemorus*. Мохово-лишайниковый покров, представленный преимущественно *Cladonia* и *Polytrichum strictum*, составляет около 70%. У самого края бугра расположена открытая вода. Бугор окружен зарослями ерника и обводненными осоковыми мочажинами.

На северной, повышенной части болота Микчангда-2 произрастает лиственнично-еловое редколесье, причем у деревьев были отмечены обгоревшие стволы, указывающие на недавний пожар (урочище 2). Поверхность приболотья представляет собой сочетание ерника и осоковых с примесью *Equisetum* sp. мочажин с крупными кочками (до 0,5-0,7 м). На кочках произрастают различные кустарнички (*Empetrum nigrum*, *Ledum palustre*, *Andromeda polifolia*, *Vaccinium myrtillus*) и сфагновые мхи (*Sphagnum fuscum*, *Sph. russowii* и *Sph.*

rubellum). Из зеленых мхов в мочажинах были отмечены *Aulacomnium palustre* и *Calliergon stramineum*, а на кочках *Pleurozium schreberii*.

В криолитозоне Средней Сибири, в том числе и на северо-западе плато Путорана, широко распространены бугристые комплексы, формирующиеся под влиянием многолетней мерзлоты, что необходимо учитывать при их картографировании. Среди особенностей болот данного типа можно выделить высокую мозаичность биотопов на локальном уровне, часто неявные границы между комплексами, а также большое количество переходных участков, что может вызывать сложности в проведении точных границ при построении карт. Помимо этого, стоит отметить высокую динамичность бугристых болот, проявляющуюся в быстром изменении границ как в течение нескольких лет, так и по сезонам. Также важная особенность бугристых болот – наличие сложной первичной гидрографической сети (ложбины, западины и т.д.), тесно сопряженной с буграми пучения, по которой идет сток с болота. При дешифрировании космических снимков важно обращать внимание на цвет и текстуру болота: бугры пучения отличаются светлым тоном (в связи с распространением лишайников) и мелкими размерами, а наиболее увлажненные участки – темным; для залесенных участков характерна зернистость и наличие теней. Рисунок указывает на тип болотного массива: мелкопятнистый и пятнисто-древовидный свидетельствует о бугристых комплексах (Микчангда-1), извилисто-полосатый – о грядово-мочажинных комплексах, а однородный темный фототон – о мезотрофных травяно-глинистых болотах (Микчангда-2).

Исследование выполнено при поддержке гранта Минобрнауки РФ (Соглашение № 075-15-2024-554 от 24.04.2024).

Список литературы

1. Жучкова В.К., Раковская Э.М. Методы комплексных физико-географических исследований: учебное пособие для студентов ВУЗов. – М.: Академия, 2004. – 368 с.
2. Игнатов М.С., Игнатова Е.А. Флора мхов средней части Европейской России: в 2-х т. Т. 1. – М.: КМК, 2003. – 608 с.
3. Игнатов М.С., Игнатова Е.А. Флора мхов средней части Европейской России: в 2-х т. Т. 2. – М.: КМК, 2004. – С. 609-944.
4. Усова Л.И. Практическое пособие по ландшафтному дешифрированию аэрофотоснимков различных типов болот Западной Сибири. – СПб.: Нестор-История, 2009. – 80 с.
5. Цифровая модель рельефа ArcticDEM. URL: <https://www.pgc.umn.edu/data/arcticdem/> (дата обращения: 10.12.2023).

БРИОКОМПЛЕКСЫ БОЛОТНЫХ ЛЕСОВ В УСЛОВИЯХ БЕЛАРУСИ

М.С. Малько

Научно-практический центр НАН Беларуси по биоресурсам, Минск, Беларусь, zentsova2009@gmail.com

Проведен обзор бриофитных комплексов болотных типов леса, представленных на территории Беларуси крапивной (urticosum), папоротниковой (filicosum), приручейно-травяной (fontinale-herbosum), багульниковой (ledosum), осоковой (caricosum), осоково-сфагновой (caricoso-sphagnosum) и сфагновой (sphagnosum) серий на основе собственных сборов и литературной информации с учетом почвенно-гидрологических, эколого-географических особенностей.

Представленные в бриофлоре Беларуси виды в соответствии с экологическими требованиями образуют специфические группировки, адаптированные к тем или иным группам фитоценозов или же не связаны ценотически и непосредственно зависят от абиотических условий среды и заселяют свободные экониши. В процессе становления флороценотивов «отражается направленность видообразования на данной территории» [2], поэтому участие ценотически связанных видов бриокомплексов в сложении зональных (региональных) флороценотивов и характеризующих определенные флористические комплексы как необходимое входит и в понятие «соответствия экологическим условиям данной природной территории», образуя стабильную «систему способную к длительному независимому существованию в изменяющихся условиях среды», и лишь пути становления не связанных ценотическими отношениями (аценотических) видов носят случайный характер и не несут средообразующей роли. Лесные ценозы – наиболее сложные по своей структуре исторически сложившиеся экосистемы, неотъемлемым и важным компонентом которых являются бриофиты. В Беларуси представлены хвойные и лиственные (широколиственные и мелколиственные), суходольные, заболоченные и пойменные дендроценозы.

В качестве материалов исследования использованы собственные бриологические сборы с учетом публикаций [3-4, 6, 8, 11-12]. Определение мохообразных проводили по стандартным методикам с использованием фундаментальных изданий цикла «Флора Беларуси» по мохообразным [8], а также монографической работы М.С. Игнатова с соавторами [1]. Классификация таксонов и цитирование видовых названий приводятся согласно современной таксономии мхов [9, 12], печеночников и антоцеротовых [5] с некоторой корректировкой [6-7, 10]. Авторы таксонов не указываются, но соответствуют данным источникам. Бриофлористические исследования дендроценозов проведены по стандартным методикам [3].

Экологический облик бриокомплексов заболоченных дендроценозов определяется их адаптированностью к условиям достаточно открытой экспозиции при повышенном обводнении почвы, т.е. гидроморфность должна сочетаться с известными чертами ксероморфизма. Бриокомплексы болотных типов леса значительно различаются в зависимости от типа питания – эвтрофного, мезотрофного или олиготрофного, при этом экологически наиболее контрастны сообщества с эвтрофным и олиготрофным питанием, что вызвано крупным различием в степени их анаэробнозиса, являющимся одним из ключевых абиотических факторов бриофитов. Наиболее богат по видовой насыщенности бриокомпонент эвтрофных болотных лесов. В зависимости от степени проточности почвенно-грунтовых вод участие бриофитов в различных фитоценозах изменяется от незначительного и даже полного отсутствия до образования сплошного мохового покрова. При усилении процесса анаэробнозиса происходит некоторое угнетение сосудистых растений и тем самым складываются условия для поселения мохообразных.

Серии типов леса крапивная (urticosum), папоротниковая (filicosum) и приручейно-травяная (fontinale-herbosum) представляют собой ряд низинного заболачивания и часто встречаются вблизи низинных болот.

Крапивная серия (urticosum) типов леса представлена среди ельников, дубрав, ясенников, грабняков, кленовников, липняков, березняков, осинников, черноольшанников. Почвы очень богатые, перегнойно-глеевые, перегнойно-карбонатные, супесчаные, подстилаемые суглинком, сырые, но хорошо дренированные и с проточным увлажнением (западины, долины речек и ручьев, пологие понижения или незначительные склоны). В подзонах елово-грабовых дубрав и широколиственно-сосновых лесов эти почвы обычно заняты дубово-ясеневыми лесами. Примесь ясеня и ольхи черной присутствует во всей серии типов леса. Моховой покров развит незначительно и образован из *Ptilium crista-castrensis*, *Dicranum polysetum*, *Plagiomnium cus-*

pidatum, *Polytrichum commune*, в разнотравно-крапивном подтипе распространены еще и *Pleurozium schreberi*, *Climacium dendroides*, *Sphagnum capillifolium*. Преобладают роды *Plagiomnium*, *Plagiothecium*, *Sphagnum*, *Cephalozia*, *Chiloscyphus*, *Dicranum*. Повсеместно отмечены мезофиты *Atrichum undulatum*, *Brachythecium velutinum*, *Dicranum polysetum*, *Pleurozium schreberi*, *Hylocomium splendens*, *Plagiochila porelloides*, *Plagiomnium affine*, *P. cuspidatum*, *Eurhynchium angustirete*, гигрофиты – *Cephalozia pleniceps*, *Conocephalum conicum*, *Brachythecium rivulare*, *Bryum pseudotriquetrum*, *Calliergonella cuspidata*, *Calliergon cordifolium*, *Climacium dendroides*, *Drepanocladus aduncus*, *Leptodictyum riparium*, *Plagiomnium ellipticum*, *P. elatum*, *Polytrichum commune*, *Rhizomnium punctatum*, *Sphagnum palustre*, *Sph. squarrosum*. Бриокомпонент представлен в основном мезоэвтрофными и эвтрофными бриопациентами ценотическими образующими настоящую и мутовчатоветвистую дерновину, разветленно- и перисто-ветвистые сплетения, плоский и талломный ковры и дендронидные формы.

Папоротниковая серия (*filicosum*) – представлена среди ельников, дубрав, ясенников, грабняков, кленовников, липняков, березняков, осинников, черноольшанников, сероольшанников, занимает пониженные местоположения и окраины низинных болот. Почвы менее плодородные и более увлажненные, чем в крапивном типе, перегнойно-глеевые, подстилаемые супесью или суглинком, сырые, со средней проточностью грунтовых вод. Здесь увеличивается примесь мелколиственных пород, уменьшается доля дуба и ясеня. Напочвенный моховой покров фрагментарный, бриофиты обильно развиваются на гниющем валежнике. Моховой покров представлен *Climacium dendroides*, *Pleurozium schreberi*, *Dicranum polysetum*, *Ptilium crista-castrensis*, в зеленомошно-папоротниковых ассоциациях еще и *Rhytidiadelphus triquetrus*, в разнотравно-папоротниковых – *Polytrichum commune*, в дубняково-папоротниковых – *Plagiomnium undulatum*. Преобладают роды *Sphagnum*, *Plagiomnium*, *Dicranum*, *Cephalozia*, *Chiloscyphus*, *Calypogeia*, *Brachythecium*, *Bryum*, *Thuidium*. На микроповышениях и почве корневых выворотов елей поселяются бриопациенты ценотические различной экологии, на гниющей древесине – бриопациенты экотопические. Представлены биоморфы – настоящая дерновина, плоский и талломный ковры, разветлено- и перисто-ветвистые сплетения и дерновидная подушка. Разнообразны бриофиты по отношению к трофности эдафотопы, что связано с выраженностью микрорельефа: часто отмечаются печеночники – *Aneura pinguis*, представители родов *Calypogeia*, *Cephalozia* и *Chiloscyphus*, *Conocephalum conicum*, *Geocalyx graveolens*, *Lophozia longiflora*, *Pellia endiviifolia*, *P. epiphylla*, *Trichocolea tomentella*, мхи – *Brachythecium rivulare*, *Calliergon cordifolium*, *Calliergonella cuspidata*, *Cirriphyllosum piliferum*, *Plagiomnium elatum*, *P. undulatum*, *Dicranum bonjeanii*. Из охраняемых видов отмечены *Cephalozia catenulata*, *Lophozia ascendens* и *Pseudobryum cinclidioides*. Характерный спутник ели, имеющий южнополесскую дизъюнкцию *Bazzania trilobata* предпочитает леса с достаточным режимом увлажнения (кисличный, снытевый, папоротниковый).

Приручейно-травяная серия (*fontinale-herbosum*) – представлена среди сосняков, ельников, дубрав, березняков, осинников, черноольшанников и характеризуется избыточным увлажнением с выраженным микрорельефом, увеличивающим набор эконош, возле ручьев и речек, а также вблизи низинных болот с проточным режимом увлажнения. Здесь фитоценотически устойчива ольха черная, постоянно входящая в состав древостоя, примешиваются сосна, береза пушистая, а в менее заболоченных местах – дуб и ясень. Почвы перегнойно-глеевые, торфянисто-глеевые, подстилаемые породами разного механического состава (песок, супесь), очень сырые, обводнение среднепроточное. Напочвенный моховой покров фрагментарный. Бриофиты формируют такие биоморфы, как дерновину, плоский ковер и др. Характерна малая представленность «боровых» мхов (*Pleurozium schreberi*, *Hylocomium splendens*, *Ptilium crista-castrensis*), в основном на валежнике. Бриокомпонент довольно богат, большинство видов – ценотические бриопациенты, по видовому составу выделяются роды *Sphagnum*, *Plagiomnium*, *Brachythecium*, *Dicranum*, *Plagiothecium*, представлены виды *Climacium dendroides*, *Dicranum polysetum*, *Polytrichum commune*, *Plagiomnium cuspidatum*, *P. undulatum*, *Plagiothecium nemorale*, *Plagiochila porelloides*, *Thuidium delicatulum*, а в понижениях *Sphagnum*, мезоэвтрофные и эвтрофные гигрофиты и гигромезофиты *Brachythecium rivulare*, *Calliergon cordifolium*, *Calliergonella cuspidata*, *Cephalozia bicuspidata*, *Conocephalum conicum*, *Pseudobryum cinclidioides*, *Rhizomnium punctatum*, *Sphagnum squarrosum*, *Pellia epiphylla*, *Plagiomnium elatum*, *P. undulatum*, мезотрофные и олигомезотрофные гигрофиты – *Sphagnum fimbriatum*, *Sph. palustre*, *Sph. girgensohnii*, *Sph. fallax*, *Polytrichum commune*, а также олигомезотрофные ксеромезофиты *Dicranum montanum*, *Polytrichum juniperinum*; в том числе в ольхово-приручейно-травяной ассоциации – *Ptilium crista-castrensis*, *Polytrichastrum formosum*, *Sph. divinum*, в папоротниково-приручейно-травяной – *Calliergonella lindbergii*, *Sph. angustifolium*, *Sph. centrale*, в таволгово-приручейно-травяной – *Sph. palustre*. Кроме обычных видов здесь отмечены *Pellia epiphylla*, *Riccardia latifrons*, *R. palmata*, *Barbula unguiculata*, *Brachythecium mildeanum*, *Bryum pallens*, *Cratoneuron filicinum*, *Drepanocladus aduncus*, *Philonotis fontana*, *Plagiothecium denticulatum*. Сфагнумы не играют существенной роли в напочвенном покрове и преимущественно представлены мезотрофами. *Mnium hornum* является индикатором умеренно кислых почв. *Plagiomnium undulatum* обильно на глинистых нейтральных влажных почвах, часто встречается вблизи лесных ручьев; указывает на богатство почвы, а на нарушенных участках обильно развивается печеночник *Marchantia polymorpha*.

Долгомощная серия (*polytrichosum*) представлена среди сосняков, ельников, березняков, осинников, сероольшанников и протягивается узкими полосами ниже черничного типа на понижениях возле болот с выраженным нанорельефом с некоторой застойностью увлажнения почв или узкими полосами окаймляет леса багульниковой серии на верховых болотах, а также в западинах с олиготрофным заболачиванием, на сильно-кислых, сырых, среднепроточных, от дерново-подзоли-

сто-глеевых до торфянисто-подзолисто-глеевых, песчаных, иногда супесчаных почвах. В напочвенном покрове наряду с мезофитами распространены и гигрофиты, что связано с некоторой заболоченностью, присущей этому типу. Для данного типа характерен олиго-мезотрофный гигромезофит *Polytrichum commune* (основной индикатор типа, обильно представленный во всех ассоциациях и произрастающий подушками, кроме повышенной влажности и плохой аэрации почвы индицирующий обедненные эдафотопы). Повсеместно отмечены также обычные «боровые» мхи (*Pleurozium schreberi*, *Dicranum polysetum*, *D. scoparium*), сочетаясь с гигрофитами (*Calliergon cordifolium*, *Leptodictyum riparium*, *Sphagnum squarrosum* и др.) и реже с гидрофитами в заполненных водой западинах (*Riccia fluitans*, *Ricciocarpos natans*, *Leptodictyum riparium*, *Sphagnum cuspidatum*, *Warnstorfia fluitans*). Также повсеместно отмечены *Polytrichum strictum*, *P. juniperinum*, *P. piliferum*, *Polytrichastrum longisetum*, *Hylocomium splendens*, *Plagiothecium denticulatum*, *Pohlia nutans*, *Aulacomnium palustre*, *Sciuro-hypnum oedipodium*, *Brachythecium rutabulum*, *Fissidens adianthoides*, *Pseudobryum cinclidioides*, *Sphagnum capillifolium*, *Sph. angustifolium*, *Sph. divinum*, *Sph. palustre*, *Sph. fallax*, *Climacium dendroides*, *Ptilium crista-castrensis*, в чернично-долгомошной ассоциации представлен еще и *Rhytidiadelphus triquetrus*. На гниющей древесине и комлях деревьев встречаются, прежде всего, *Hypnum curpessiforme*, а также *Brachythecium salebrosum*, *Brachytheciastrum velutinum*, *Dicranum montanum*, *D. scoparium*, *Plagiomnium cuspidatum*, *Plagiothecium laetum*, *Campylidium sommerfeltii*, *Herzogiella seligeri*, *Stereodon pallescens*, печеночники *Chiloscyphus profundus*, *Ptilidium pulcherrimum* и представители родов *Calypogeia*, *Cephalozia*, *Chiloscyphus*, *Lepidozia* и др. В долгомошном, багульниковом, осоковом, осоково-сфагновом и приручейно-травяном типах представлена *Cephalozia pleniceps*. Сфагновые мхи характеризуются различным требованием к трофности субстрата. Бриовиолентом является *Polytrichum commune*, а остальные – бриопатенты ценотические и экотопические, в том числе гидрофитные (*Leptodictyum riparium*, *Riccia fluitans*, *Ricciocarpos natans*).

Багульниковая серия (ledosum) представлена среди сосняков, березняков и размещается на окраинах олиготрофных сфагновых болот и в отдельных впадинах среди долгомошников с мало- и среднемощными торфяными почвами, очень кислыми (рН 2,6–3,0). В моховом покрове преобладают сфагновые мхи (бриовиоленты), преимущественно олигомезотрофные гигрофиты *Sphagnum angustifolium*, *Sph. divinum*, реже *Sph. fallax*, в меньшей мере отдельные дерновины образуют более требовательные к трофности гигрофиты *Sph. girgensohnii*, *Sph. palustre*, *Sph. squarrosum*. По кочкам в голубично-багульниковой и сфагново-багульниковой ассоциациях встречаются мезофиты *Pleurozium schreberi*, *Dicranum polysetum*, *Hylocomium splendens* и гигрофит *Polytrichum strictum*, на гниющей древесине – *Dicranum scoparium*, *Plagiothecium laetum*, *Ptilidium pulcherrimum*, *Pylaisia polyantha*, *Sanionia uncinata*, *Tetraphis pellucida*. Доминируют олигомезотрофные мхи, индицирующие значительную обедненность

эдафотоп. Из биоморф преобладает мутовчато-ветвистая дерновина.

Осоковая серия (caricosum) представлена среди сосняков, ельников, березняков, сероольшанников, ивняков и приурочена к наиболее бедным низинным болотам. Почвы кислые (рН 3,1–3,4), торфяно-глеевые и торфяные маломощные слабопроточные с хорошо выраженным кочковатым нанорельефом. Состав древесной насыщенной сосной и березой пушистой. Бриофиты в основном приурочены к повышению микрорельефа (кочки) и гниющей древесине, характеризующейся повышенным видовым разнообразием при невысоком проективном покрытии. Фрагментарный напочвенный моховой покров образуют дерновины (настоящие и мутовчато-ветвистые), плоские ковры и различные сплетения из *Polytrichum commune*, *P. strictum*, *Calliergon cordifolium*, *Calliergonella cuspidata*, *Campylium stellatum*, *Climacium dendroides*, *Drepanocladus aduncus*, *Dicranum polysetum*, *Polytrichastrum formosum*, *Rhytidiadelphus triquetrus* и сфагновые мхи – *Sphagnum fimbriatum*, *Sph. palustre*, *Sph. centrale*, *Sph. teres*, *Sph. fallax*, *Sph. squarrosum*, *Sph. divinum* и др. мезоэвтрофы и в меньшей мере олигомезотрофы. В целом в напочвенном покрове отмечены в основном гигрофитные виды, относящиеся к мезоэвтрофам, эвмезотрофам и олигомезотрофам. На гниющей древесине и пнях – *Brachythecium salebrosum*, *Calypogeia integristipula*, *Dicranum montanum*, *D. scoparium*, *Herzogiella seligeri*, *Hygroamblystegium humile*, *Lepidozia reptans*, *Leptodictyum riparium*, *Plagiomnium ellipticum*, *Aulacomnium palustre*, *Dicranum bonjeanii*, *Plagiothecium laetum*, *Sciuro-hypnum oedipodium*, *Stereodon pallescens*, представители родов *Chiloscyphus*, *Cephalozia* и др. Среди них значительным разнообразием характеризуются печеночники преимущественно мезотрофные мезогигро- и гигрофиты. Бриофиты индицируют значительную степень трофности эдафотоп.

Осоково-сфагновая серия (caricoso-sphagnosum) – представлена среди сосняков, ельников, березняков, ивняков и характерна для типичных переходных болот, развивается на торфяно-болотных почвах со слабопроточными, по сравнению с осоковой серией характеризуется некоторой застойностью увлажнения. Моховой напочвенный покров развит значительно и состоит в основном из сфагновых мхов с примесью *Polytrichum commune*, *P. formosum*. Данная серия типов леса выделяется максимальным разнообразием сфагнумов, преобладающих в моховом покрове в качестве бриовиолентов, преимущественно индицирующие невысокую трофность эдафотоп: широко представлены олигомезотрофы *Sphagnum divinum*, *Sph. angustifolium*, *Sph. capillifolium*, *Sph. compactum*, *Sph. cuspidatum*, *Sph. fallax*, *Sph. flexuosum*, *Sph. russowii*, при значительном участии мезотрофов *Sph. girgensohnii*, *Sph. palustre*, *Sph. riparium*, *Sph. wulfianum* и мезоэвтрофов *Sph. centrale*, *Sph. contortum*, *Sph. squarrosum*, *Sph. teres*. Также вкраплениями в напочвенном покрове и на гниющем валеже поселяются как гигрофитные (*Aulacomnium palustre*, *Brachythecium rivulare*, *Calliergon giganteum*, *Calliergonella cuspidata*, *Climacium dendroides*, *Dicranum bonjeanii*, *Plagiomnium elatum*, *P. ellipticum*, *Polytrichum strictum*, *Straminergon stra-*

mineum), так и мезофитные (*Dicranum polysetum*, *Hylocomium splendens*, *Plagiomnium affine*, *Pleurozium schreberi*, *Rhytidiadelphus triquetrus*) бриофиты. Гигрофиты здесь доминируют как по числу видов, так и по степени участия в моховом покрове. По микроповышениям – *Polytrichastrum longisetum*, *Hylocomium splendens*, *Ptilium crista-castrensis*, *Polytrichum juniperinum*, *Pleurozium schreberi*. Эпигеиды в основном образуют дерновины (настоящие или мутовчато-ветвистые). На гниющей древесине отмечены *Hypnum curpessiforme*, *Stereodon pallescens*, *Herzogiella seligeri*, *Plagiothecium laetum*, *Brachythecium salebrosum*, *Chiloscyphus profundus*, *Pylaisia polyantha*, *Sanionia uncinata*, *Sciuro-hypnum oedipodium* и др.

Сфагновая серия (*sphagnosum*) – представлена только среди сосняков (редко встречающийся тип 0,3%), развивается на олиготрофных (верховых) болотах с торфяно-болотными почвами различной мощности с сильно застойными водами. В багульниково-сфагновой и пушицево-сфагновой ассоциациях реакция торфа сильноокислая (рН 2,62-2,66). Для напочвенного покрова характерен сплошной покров из сфагновых мхов с преобладанием олигомезотрофов *Sphagnum fallax*, *Sph. divinum*, *Sph. angustifolium*, при участии *Sph. fuscum*, *Sph. capillifolium*, *Sph. rubellum*, по краю отмечаются отдельные мезозвтрофы (*Sph. palustre*, *Sph. papillosum*, *Sph. subsecundum* и др.). Из печеночников характерно присутствие *Cephalozia connivens* и *Mylia anomala*. На кочках встречаются мезофитные мхи – *Pleurozium schreberi*, *Dicranum polysetum*, *D. scoparium*, *Polytrichum strictum*, на склонах кочек гигрофиты – *Aulacomnium palustre* и *Bryum pseudotriquetrum*, участие которых невелико. В моховом покрове доминируют сфагновые мхи – олигомезотрофные гигрофиты, являющиеся бриовиолентами, а бриевые мхи представлены ценотическими бриопатентами. Основная биоморфа – мутовчато-ветвистая дерновина. Бриовиоленты индицируют низкую степень трофности эдафотопы.

В экологическом ряду типов леса начиная с приручейно-травяного (*fontinale-herbosum*), вместе с увеличением влажности и трофности возрастает количество гигрофитов. Они включают общие мезозвтрофные и

эвтрофные виды влажных лесов и болот – мезогигрофиты и гигромезофиты *Cephalozia pleniceps*, *Scapania irrigua*, *Riccardia latifrons*, *R. palmata*, *Dicranum bonjeanii*, *Mnium hornum*, гигрофиты *Rhizomnium punctatum*, *Pseudobryum cinclidioides*, гигрогидрофиты *Cratoneuron filicinum*, *Sphagnum riparium* и гидрофиты *Philonotis fontana*, *Riccia fluitans*.

В наиболее увлажненных типах леса в экологическом ряду от осокового (*caricosum*), появляются типичные обитатели болота: гигрофиты и гигрогидрофиты *Riccardia multifida*, *Hamatocaulis vernicosus*, *Sph. contortum*, *Sph. obtusum*, *Sph. platyphyllum*, а от *polytrichosum* и в более влажных местообитаниях, увеличивается разнообразие эпиксильных видов, включая многие печеночники.

Серии типов леса крапивная и папоротниковая (*urticosum* и *filicosum*) характеризуют преимущественно эвтрофные и в меньшей степени мезотрофные гигрофиты *Calypogeia muelleriana*, *C. neesiana*, *Cephalozia pleniceps*, *Geocalyx graveolens*, *Liochlaena lanceolata*, *Pellia epiphylla* и др.

Только в осоковом и осоково-сфагновом типах леса (*caricosum* и *caricoso-sphagnosum*) отмечены обитатели эвтрофных болот гигрофиты *Aneura pinguis*, *Breidleria pratensis*, *Hamatocaulis vernicosus*, *Helodium blandowii*, *Sphagnum contortum*, *Sph. cuspidatum*, *Sph. obtusum*, *Sph. platyphyllum*, *Tomentypnum nitens* и др.

Только в приручейно-травяной серии (*fontinale-herbosum*) – *Riccia fluitans*, *Bryum pallens*, *Campylium protensum*, *Cratoneuron filicinum*, *Philonotis fontana*, *Pohlia wahlenbergii*, *Sph. warnstorffii*.

Показателями типов леса с заболоченными и бедными почвами богульникового и сфагнового типов леса (*ledosum* и *sphagnosum*) являются обитатели олиготрофных болот гигрофиты *Cephalozia connivens*, *Mylia anomala*, *Sphagnum balticum*, *Sph. flexuosum*, *Sph. fuscum*, *Sph. rubellum* и др.

Видовой состав бриофитов олиготрофного типа с экстремальными экологическими условиями среди болотных лесов характерен только для сфагновой серии (*sphagnosum*), представленной в сосновой формации.

Список литературы

- Игнатов, М.С. Флора мхов средней части европейской России. / М.С. Игнатов и др. // *Arctoa*. – М.: КМК, 2003. – Т. 1. *Sphagnaceae* – *Hedwigiaceae* (*Arctoa* Т. 11, приложение 1. – С. 1–608); 2004. – Т. 2. *Fontinalaceae* – *Amblystegiaceae* (*Arctoa* Т. 11, приложение 1. – С. 609–944).
- Камелин Р.В. Флорогенетический анализ естественной флоры горной Средней Азии / Р.В. Камелин. – Л.: Наука, 1973. – 355 с.
- Малько, М.С. Структура бриокомпонента хвойных лесов Беларуси: таксономия, биоморфология, экология, география, зоология / М.С. Малько, Г.Ф. Рыковский; науч. ред. В.И. Парфёнов. – Минск: Беларуская навука, 2020. – 312 с.
- Масловский, О.М. Бриокомплексы Беларуси в системе флор мохообразных Восточной Европы / О.М. Масловский; под ред. В.И. Парфенова, Г.Ф. Рыковского; Нац. Акад. Наук Беларуси, Ин-т эксперимент. ботаники им. В.Ф. Купревича. – Минск: Беларуская навука, 2022. – 532 с.
- Потемкин, А.Д. Печеночники и антоцеротовые России / А.Д. Потемкин, Е.В. Софронова. – СПб.–Якутск: Бостон–спектр, 2009. – Т. 1. – 368 с.
- Рыковский, Г.Ф. Бриофлора Полесья / Г.Ф. Рыковский, М.С. Малько, А.А. Сакович. – Минск: Беларус. наука, 2023. – 349 с.
- Рыковский, Г.Ф. Современная таксономическая структура бриофлоры Беларуси / Г.Ф. Рыковский, М.С. Шабета // *Ботаника (исследования): Сборник научных трудов. Ин-т эксперимент. бот. НАН Беларуси*. – Минск, 2015. – Вып. 44. – С. 85–102.
- Рыковский, Г.Ф. Флора Беларуси. Мохообразные / Г.Ф. Рыковский, О.М. Масловский. – В 2 т. – Т. 1–2. – Минск, 2004. – 437 с., 2009 – 213 с.
- Флора мхов России / М.С. Игнатов (отв. ред.). – М.: тов. науч. изд. КМК, 2017. – Том 2. *Oedipodiales* – *Grimmiales*. – 560 с. (*Arctoa* том 26, приложение 1); 2018. – Том 4. *Bartramiales* – *Aulacomniales*. – 543 с. (*Arctoa* том 27, приложение 1); 2020. – Том 5. *Hypopterygiales* – *Hypnales* (*Plagiotheciaceae* – *Brachytheciaceae*). – 600 с. (*Arctoa* том 29, приложение 1); 2022. – Том 6. *Hypnales* (*Calliergonaceae* – *Amblystegiaceae*). – 186 с.

10. Hill, M.O. An annotated checklist of the mosses of Europe and Macaronesia / M.O. Hill, N. Bell, M.A. Bruggeman–Nannenga et al. // *Journal of Bryology* (2006) 28: 198–267.
11. Hodgetts, N. An annotated checklist of bryophytes of Europe, Macaronesia and Cyprus / N. Hodgetts et al. // *Journal of Bryology*, 2020. – Vol. 42. – No. 1. – P. 1–116.
12. Ignatov, M. S. Check-list of mosses of East Europe and North Asia / M. S. Ignatov, O. M. Afonina, E. A. Ignatova // *Arctoa*. – 2006. – Т. 15. – P. 1–130.

ОПОЗНАВАНИЕ ТОРФЯНЫХ ПОЖАРОВ ПО СПУТНИКОВЫМ ДАННЫМ О ТЕПЛОВЫХ АНОМАЛИЯХ

М.А. Медведева¹, В.Ю. Иткин^{1,2}

¹Институт лесоведения РАН, Московская обл., Россия, eveeza@yandex.ru

²Российский государственный университет нефти и газа имени И.М. Губкина, Москва, Россия, itkin.v@gubkin.ru

Пожары в торфяных почвах отличаются от других лесных пожаров выбросами опасных для здоровья человека загрязняющих веществ, потерями углерода и другими воздействиями на окружающую среду. Торфяные пожары можно определить путем соотношения спутниковых данных о пожарах и карт торфяников. Исследовалась возможность применения дистанционных показателей пожарной активности для идентификации почвенных (торфяных) пожаров и отделения их от поверхностных пожаров. Предложен и апробирован специальный индекс торфяных пожаров, который был определен как наиболее эффективный индикатор по сравнению с другими.

Торфяные пожары классифицируются на основе характеристик горения, воздействия на окружающую среду и прочих критериев. Выявление торфяных пожаров и их отделение от других лесных пожаров важно для решения целого спектра задач, включая оценку потерь углерода и выбросов парниковых газов. Опубликованы прогнозы, предполагающие, что осушенные торфяники и торфяные пожары могут стать ключевой проблемой с точки зрения сокращения выбросов парниковых газов в рамках достижения целей Парижского климатического соглашения [6, 7]. Руководящие принципы Межправительственной группы экспертов по изменению климата (МГЭИК) по национальным инвентаризациям парниковых газов [5] рассматривают методологии такой оценки только для сжигания биомассы, а «Дополнение МГЭИК по водно-болотным угодьям» 2013 г. [4] также включает оценку выбросов парниковых газов от сжигания органических почв. Однако в методологии имеются определенные пробелы, обусловленные, в том числе, сложностью обнаружения торфяных (почвенных) пожаров.

Ранее мы предприняли попытку определить различия между лесными и торфяными пожарами на примере последствий масштабных лесных пожаров, прошедших в центре европейской части России в 2010 г. У нас получилось определить показатели, которые позволяют отделить торфяные от других лесных пожаров [1, 2, 3, 8]. На текущем этапе работ проведена оценка значимости этих показателей и разработан индекс торфяного пожара для их обнаружения.

Для выявления подземных торфяных пожаров проведен анализ дистанционных характеристик площадей, охваченных горением в границах торфяников и за их пределами, полученных на основе спутниковых данных о тепловых аномалиях спектрометра низкого пространственного разрешения (1 км) MODIS. Благодаря своему пространственному охвату и частоте съемки эти данные позволяют производить глобальный и локаль-

ный мониторинг процессов горения, изучать влияние пожаров на экосистемы, атмосферу и климат. Определено, что такие дистанционные показатели пожарной активности, как минимальные, максимальные и средние значения радиационной мощности пожара и температуры, общая площадь гари, площадь, занимаемая лесом до пожара, продолжительность горения, позволяют классифицировать пожар как торфяной или поверхностный. Для подтверждения факта возгорания торфа на территориях, пройденных пожаром, использованы результаты наземных исследований, проведенных в 2017 г.

Для наилучшего разделения двух видов пожаров принят индекс торфяного пожара, позволяющий определить наилучшую комбинацию показателей, включая максимальные значения радиационной мощности, среднюю температуру, продолжительность горения и площадь возгорания. Предлагаемая модель индекса торфяного пожара показывает степень уверенности в том, что данный пожар является торфяным. В результате расчетов был определен порог, выше которого торфяные пожары обнаруживаются с вероятностью, близкой к 76%, и порог, ниже которого поверхностные пожары обнаруживаются с вероятностью 66%.

Также учитывали, что доля установленных торфяных и поверхностных пожаров может быть оценена на основе как общего количества возгораний, так и их общей площади. Площадь почвенных пожаров практически всегда определяется правильно с вероятностью более 90%, и почти вся выявленная площадь приходится на почву (более 99%). Но только индекс торфяных пожаров позволяет установить некоторую площадь поверхностных пожаров (менее половины), другие показатели практически непригодны для ее определения.

Проведя анализ долей выявленных пожаров, рассчитанных как по количеству пожаров, так и по их площади, мы выяснили, что разработанный индекс торфяных пожаров является наиболее эффективным показателем по сравнению с другими. Этот показатель позво-

ляет с высокой вероятностью определять не только торфяные пожары, но и поверхностные, что уменьшает область неопределенности. Выявление торфяных пожаров и их отделение от других лесных пожаров важно для решения ряда задач, включая оценку потерь углерода и выбросов парниковых газов.

Несмотря на то, что результаты требуют проверки на других территориях торфяников, они убедительно

Работа проведена при поддержке Российского научного фонда (проект 23-74-00067).

Список литературы

1. Медведева М.А., Иткин В.Ю., Сирин А.А. Анализ показателей температурных аномалий для выявления торфяных пожаров. Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2023. Т. 20. № 6. С. 92-116. DOI: 10.21046/2070-7401-2023-20-6-92-116
2. 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
3. Сирин А.А., Медведева М.А., Иткин В.Ю., Макаров Д.А., Коротков В.Н. Выявление торфяных пожаров для оценки эмиссии парниковых газов. Метеорология и гидрология. 2022. № 10. С. 33-45. DOI: 10.52002/0130-2906-2022-10-33-45
4. IPCC, 2014: 2013 Supplement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Wetlands. IPCC Methodology Report / eds. Hiraishi T., Krug T., Tanabe K., Srivastava N., Baasansuren J., Fukuda M., Troxler T.G. Switzerland, 2014. 354 p. <https://www.ipcc.ch/publication/2013-supplement-to-the-2006-ipcc-guidelines-for-national-greenhouse-gas-inventories-wetlands/>.
5. IPCC, 2019: 2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories / eds. CalvoBuendia, E., Tanabe, K., Kranjc, A., Baasansuren, J., Fukuda, M., Ngarize, S., Osako, A., Pyrozhenko, Y., Shermanau, P., Federici, S. IPCC, Switzerland, 2019. 12.49 p. <https://www.ipcc.ch/report/2019-refinement-to-the-2006-ipcc-guidelines-for-national-greenhouse-gas-inventories/>
6. Leifeld J., Wüst-Galley, C., Page, S. Intact and managed peatland soils as a source and sink of GHGs from 1850 to 2100. Nature Climate Change. 2019. V. 9. Issue 12. P. 945-947. DOI: 10.1038/s41558-019-0615-5
7. Loisel J., Gallego-Sala AV, Amesbury M.J., Magnan G., Anshari G. et al. Expert assessment of future vulnerability of the global peatland carbon sink. Nature climate change. 2021. V. 11. Issue 1. P. 70-77.
8. Sirin, A.; Medvedeva, M. Remote Sensing Mapping of Peat-Fire-Burnt Areas: Identification among Other Wildfires. Remote Sensing. 2022. V. 14. Issue 194. DOI: 10.3390/rs14010194

ДИСКУССИОННЫЕ ВОПРОСЫ КЛАССА ЧЕРНООЛЬХОВЫХ ЛЕСОВ *ALNETEA GLUTINOSAE*

О.В. Морозова

Институт географии РАН, Москва, Россия, olvasmor@mail.ru

*Пересмотрена структура класса **Alnetea glutinosae** (низинные облесенные болота) в результате включения в его состав сообществ из Европейской России и Западной Сибири. В классе три порядка: 1) черноольховые низинные болота **Alnetalia glutinosae**, 2) заболоченные березовые лесов богатого грунтового питания **Salici pentandrae–Betuletalia pubescentis** и 3) еловые, березово-еловые и с др. видами деревьев заболоченные леса богатого грунтового питания в северной половине Восточной Европы и в Сибири **Calamagrostio purpureae–Piceetalia obovatæ**. Такая иерархия класса отличается от системы растительности Европы, но в большей степени соответствует диагнозу класса, его структуре и генезису.*

Лесные болота с доминированием видов ольхи, а также других видов деревьев и с длительным периодом затопления известны на большей части Европы и на северо-западе Азии (в Западной Сибири). По классификации Браун-Бланке они объединены в класс *Alnetea glutinosae* Br.-Bl. et Tx. ex Westhoff et al. 1946. Класс выделен в Центральной Европе и в основном на материалах из неморальной зоны [6, 7]. После последней ревизии европейской растительности [8] структура класса была изменена, что не могло не сказаться на его диагнозе. Помимо этого, при описании лесов на низинных болотах Восточной Европы и Сибири и включении их в класс *Alnetea glutinosae*, ареал класса значительно расширился. В результате возникла необходимость пересмотра его состава и внутренней иерархии, и в этом случае неизбежен ряд проблем.

Одна из проблем связана с объемом класса: насколько проводимые изменения соответствуют диагнозу класса?

С момента описания класса *Alnetea glutinosae* его состав и структура сильно изменились. Первоначально класс *Alnetea glutinosae* объединял сообщества с ольхой черной. Позже в состав класса были включены болотные леса с березой (в основном, *Betula pubescens*). В чек-листе растительности Европы (EuroVeg) для класса *Alnetea glutinosae* приведены три порядка [8], и, помимо непосредственно сообществ с черной ольхой (пор. *Alnetalia glutinosae* Tx. 1937), в него вошли также два порядка березовых заболоченных лесов. Один из них *Salici pentandrae–Betuletalia pubescentis* Clausnitzer in Dengler et al. 2004 включает заболоченные леса

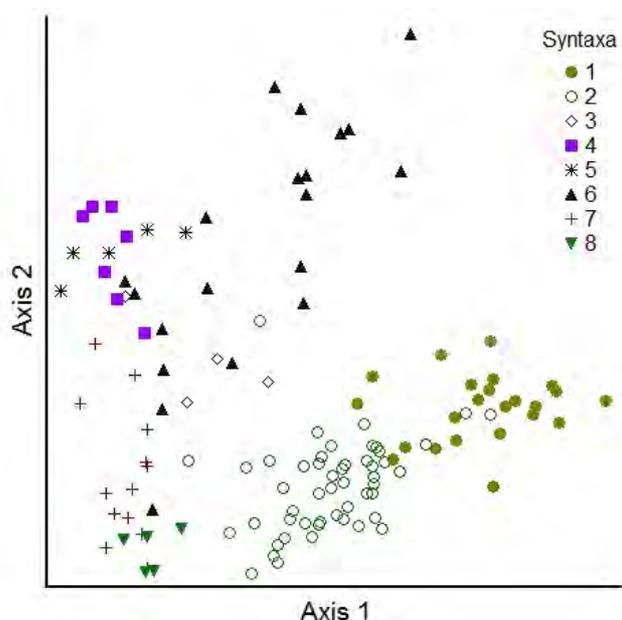
богатого грунтового питания, другой – *Sphagno-Betuletalia pubescentis* Scamoni et Passarge 1959 – сообщества олиго-мезотрофных и мезотрофных ацидофитных заболоченных лесов и лесных болот Европы.

Для анализа состава класса рассмотрены синтаксоны ранга ассоциации и ниже, опубликованные в открытой печати. Всего проанализировано 126 ценофлор синтаксонов из Европейской России и Западной Сибири: 23 из класса *Alno-Populetea glutinosae*, 98 – класса *Alnetea glutinosae*, 5 ценофлор класса *Vaccinio-Piceetea* (сфагновые березники на лесных болотах асс. *Vaccinio uliginosi-Betuletum*).

Если в отношении синтаксонов двух первых порядков соответствие диагнозу класса не вызывает вопросов, то положение порядка *Sphagno-Betuletalia pubescentis* дискуссионно. До включения в класс *Alnetea glutinosae*, сообщества этого порядка относили либо к классу *Vaccinietea uliginosi* Lohmeyer et Tx. in Tx. 1955, либо *Molinio-Betuletea* Passarge in Passarge et G. Hofmann 1968. Однако в соответствии с мнением L. Mucina [8], заболоченные леса Европы были объединены в рамках одного класса (*Alnetea glutinosae*), без учета их экологии, генезиса и структуры. По соотношению различных групп диагностических видов, а также по структуре и экологии сообщества последнего порядка сильно выбиваются из общего массива эвтрофных и мезо-эвтрофных лесов *Alnetea glutinosae*. В сообществах, объединенных в упомянутом ранее порядке, с высокой константностью встречаются виды boreальных хвойных лесов (*Melampyrum pratense*, *Pinus sylvestris*, *Pleurozium schreberi*, *Vaccinium myrtillus*, *V. vitis-idaea*), высоко константны, а, иногда, и обильны, виды верховых болот (*Andromeda polifolia*, *Chamaedaphne calyculata*, *Eriophorum vaginatum*, *Sphagnum angustifolium*, *Sph. divinum* и др.), а участие альпегальной группы ми-

нимально. По видовому составу такие сообщества – переходные между классами boreальных лесов и открытых олиготрофных (*Oxycocco-Sphagnetea*) или мезотрофных болот (*Scheuchzerio-Caricetea nigrae*). На ординационной диаграмме синтаксоны порядка занимают пространство общее с ассоциацией сфагновых заболоченных лесов из класса *Vaccinio-Piceetea* (рисунок), что позволяет рассматривать их в рамках класса boreальных лесов.

Дискуссионным является положение в системе единиц сообществ порядка *Calamagrostio purpureae-Piceetalia obovatae* Lapshina 2010. Порядок представляет собой еловые (*Picea abies*, *P. obovata*), березово (*Betula pubescens*)-еловые и с др. видами деревьев (*Larix sibirica*, *Pinus sylvestris*) заболоченные леса богатого грунтового питания в регионах северной половины Восточной Европы и Западной Сибири. В EuroVeg чек-листе [8] порядок размещен в классе хвойных boreальных лесов *Vaccinio-Piceetea* на том основании, что в древостое доминирует *Picea abies*, и в сообществах могут присутствовать виды boreальных лесов. Однако, как видно на ординационной диаграмме, сообщества этого порядка легко вписываются в структуру *Alnetea glutinosae*. И, как отмечено при описании сообществ лесных низинных болот Валдайской возвышенности (на Северо-Западе России), в таких сообществах почти равное участие у диагностических видов как класса boreальных лесов, так и черноольховых болот. А по соотношению долей видов с учетом обилия диагностические виды из группы черноольшаников преобладают, что позволяет поместить сообщества данного порядка в класс черноольховых болот *Alnetea glutinosae* [3]. Участие видов boreальных лесов в сообществах учтено при выделении диагностических видов порядка, среди которых *Picea abies* и *P. obovata*, *Hylocomium splendens*,



Синтаксоны (Syntaxa): 1 – асс. *Urtico-Alnetum glutinosae* (cl. *Alno-Populetea glutinosae*), 2 – союз *Alnion glutinosae* (асс. *Carici elongatae-Alnetum glutinosae*, cl. Ag), 3 – союз *Calamagrostio canescentis-Piceion abietis* (пор. *Calamagrostio purpureae-Piceetalia obovatae*, cl. Ag), 4 – союз *Carici cespitosae-Piceion obovatae* (пор. *Calamagrostio purpureae-Piceetalia obovatae*, cl. Ag), 5 – *Carici appropinquatae-Laricion sibiricae* (пор. *Calamagrostio purpureae-Piceetalia obovatae*, cl. Ag), 6 – союз *Salici pentandrae-Betulion pubescentis* (пор. *Salici pentandrae-Betuletalia pubescentis*, cl. Ag), 7 – союз *Betulion pubescentis* (пор. *Sphagno-Betuletalia pubescentis*, cl. *Vaccinio-Piceetea* ?), 8 – асс. *Vaccinio uliginosi-Betuletum* (cl. *Vaccinio-Piceetea*)

Рисунок – Ординация ценофлор синтаксонов *Alnetea glutinosae* (Ag) (методом DCA)

Maianthemum bifolium, *Plagiomnium ellipticum*, *Plagiothecium denticulatum*, *Pleurozium schreberi*, *Pyrola rotundifolia*, *Rhizomnium pseudopunctatum*, *Rubus arcticus*, *R. saxatilis*, *Trientalis europaea*. В порядке три союза. Один – *Calamagrostio canescentis–Piceion abietis* Solomeshch in Willner et al. 2016 объединяет гемибореальные восточноевропейские еловые и березово-еловые болотные леса богатого грунтового питания. Два других представляют собой березово-сосновые (*Carici appropinquatae–Laricion sibiricae* Lapshina 2010) и темнохвойные (*Carici cespitosae–Piceion obovatae* Lapshina 2010) лесные болота юга лесной зоны Западной Сибири [4]. Однако различия между сообществами обоих сибирских союзов минимальные. На ординационной диаграмме эти синтаксоны (см. рисунок, синтаксоны 4-5) занимают единое пространство и плохо дифференцированы, что позволяет рассматривать их в рамках одного союза.

Еще одна проблема, которая также не бесспорна – это разграничение синтаксонов класса и близких по составу и структуре сообществ из других классов. Для *Alnetea glutinosae* – это сообщества пойменных галерейных лесов *Alno-Populetea glutinosae* и заболоченные леса класса *Vaccinio-Piceetea*.

Что касается первого случая, то не всегда очевидно разделение пойменных черноольховых лесов асс. *Urtico-Alnetum* и заболоченных топяных сообществ асс. *Carici elongatae–Alnetum glutinosae*. Несмотря на довольно хорошую дифференциацию черноольховых сообществ обоих классов в осях ординации (см. рисунок, синтаксоны 1-2), на практике их разделение не просто. Так, например, в Московской области отмече-

ны сообщества черноольховых синтаксонов обоих классов, и в обоих синтаксонах часто доминирует *Urtica dioica*. Только на основании анализа фитоценологической структуры, сопоставления соотношения различных групп видов была проведена окончательная дифференциация этих сообществ [5].

Учитывая изложенные положения, предложена следующая схема класса *Alnetea glutinosae* для территории Восточной Европы и Сибири (приведено до уровня союза):

Класс *Alnetea glutinosae* Br.-Bl. et Tx. ex Westhoff et al. 1946

Порядок *Alnetalia glutinosae* Tx. 1937

Союз *Alnion glutinosae* Malcuit 1929

Порядок *Calamagrostio purpureae–Piceetalia obovatae* Lapshina 2010

Союз *Calamagrostio canescentis–Piceion abietis* Solomeshch in Willner et al. 2016

Союз *Carici cespitosae–Piceion obovatae* Lapshina 2010

Порядок *Salici pentandrae–Betuletalia pubescentis* Clausnitzer in Dengler et al. 2004

Союз *Salici pentandrae–Betulion pubescentis* Clausnitzer in Dengler et al. 2004

Единство класса в предложенном объеме согласуется с мнением о едином филогенезе группы видов, связанных с гигрофитными теневыми лесами из ольхи черной и объединенных в ольшаниковую (альнетальную) эколого-историческую свиту [1, 2]. Именно эти виды являются диагностическими для класса *Alnetea glutinosae* и значимы в синтаксонах его трех порядков.

Работа выполнена в рамках Госзадания ИГ РАН FMWS-2024-0007 (1021051703468-8).

Список литературы

1. Зозулин Г.М. Исторические свиты растительности европейской части СССР // Бот. журн. Т. 58. № 8. 1973. С. 1081–1092.
2. Камелин Р.В. Флора Севера Европейской России (в сравнении с близлежащими территориями): Учебное пособие. СПб. 2017. 241 с.
3. Коротков К.О. Леса Валдая. М.: Наука. 1991. 160 с.
4. Лапшина Е.Д. Растительность болот юго-востока Западной Сибири. Новосибирск. 2010. 186 с.
5. Морозова О.В., Беляева Н.Г., Гнеденко А.Е. и др. Синтаксономия и экология черноольшаников Московской области // Растительность России. № 42. 2021. С. 42–62. <https://doi.org/10.31111/vegus/2021.42.42>.
6. Douda J. Formalized classification of the vegetation of alder carr and floodplain forests in the Czech Republic // Preslia. Vol. 80. 2008. P. 199–224.
7. Douda J., Boublík K., Slezák M. et al. Vegetation classification and biogeography of European floodplain forests and alder carrs // Applied Vegetation Science. Vol. 19. № 1. 2016. P. 147–163. <https://doi.org/10.1111/avsc.12201>.
8. Mucina L., Bültmann H., Dierßen K. et al. Vegetation of Europe: Hierarchical floristic classification system of vascular plant, bryophyte, lichen, and algal communities // Applied Vegetation Science. Vol. 19(1). 2016. P. 1–264. <https://doi.org/10.1111/avsc.12257>.

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ КАРТОГРАФИРОВАНИЯ ТИПОВ БОЛОТ НА ТЕРРИТОРИИ ПРИРОДНОГО ПАРКА «НУМТО» (ЗАПАДНАЯ СИБИРЬ)

М.Д. Московченко

Тюменский государственный университет, Тюмень, Россия, moskovchenkomike@gmail.com

Для картографирования типов болот были обучены и сравнены между собой 15 различных моделей машинного обучения. Среди моделей классического машинного обучения наилучших результатов (точность 75,73%) достигла модель градиентного бустинга, среди нейросетей наилучший результат (точность 75,76%) показала DeepLabV3. С моделированием бургис-

тых мерзлых, мезотрофных и евтрофных болот лучше справилась нейронная сеть, при моделировании олиготрофных немерзлых болот обе модели показали одинаковую точность. Модели успешно применены для картографирования типов болот на нескольких смежных с исследуемой территорией участках.

В Западной Сибири болота занимают около 104 млн га, оказывая значительное влияние на глобальный баланс углерода и на климат Земли [18]. Север Западной Сибири расположен в криолитозоне, многие из Западно-Сибирских болот являются мёрзлыми, и мерзлотные процессы вносят значительный вклад в развитие и динамику местных болотных экосистем. В настоящее время на севере Западной Сибири рост температуры воздуха превышает среднемировые показатели [18], что приводит к деградации многолетнемерзлых пород [6, 8]. Более глубокое протаивание и рост температуры приводит к увеличению количества болотных просадок и малых озёр [7], разрушению торфяных бугров и затоплению оттаявших участков [11, 17]. В зоне прерывистого распространения многолетней мерзлоты в Западной Сибири бугристые болота чаще всего являются мерзлыми, а остальные типы болот – немерзлыми. Деструктивное влияние климатических изменений на мерзлые болота делает актуальной разработку моделей, позволяющих картографировать типы болот на больших территориях для оценки площади наиболее подверженных деградации мерзлых болот и оценки масштаба возможной вследствие их оттаивания эмиссии углерода.

Целью данной работы является разработка оптимальной модели машинного обучения для картографирования типов болот на территории природного парка «Нумто». Для достижения цели были обучены и сравнены между собой 15 различных моделей машинного обучения, выявлены преимущества и недостатки методов классического и глубокого машинного обучения и оценена возможность применения обученных моделей на смежных территориях.

Природный парк «Нумто» находится в Западной Сибири на территории Ханты-Мансийского автономного округа в подзоне северной тайги. Общая площадь территории природного парка составляет 597 189 га. Исследуемая территория расположена на границе Надым-Пуровской и Сибирско-Увальской геоэкологических областей [5], для которых характерно островное распространение многолетней мерзлоты. Почвообразующие породы представлены плейстоценовыми водно-ледниковыми отложениями [3]. Климат умеренный континентальный с холодными зимами. Среднегодовая температура воздуха составляет -6°C , абсолютный температурный минимум -56°C , абсолютный максимум $+34^{\circ}\text{C}$ [4].

Более половины территории природного парка занято болотами. Отличительной особенностью является распространение бугристых мёрзлых торфяников тундрового типа [1, 4]. Бугристые болота парка относятся к группе регрессивных биогеоценозов, современный растительный покров которых не вполне соответствует поверхностному торфяному горизонту, а сам процесс торфообразования резко замедлен либо прекращён [1, 10]. Среди немерзлых болот распространены сосново-кустарничково-сфагновые рямы, грядово-мочажинные болота с сосново-кустарничково-сфагновой растительностью гряд и осоково-сфагновыми мочажинами, выделены также олиго-мезотрофные и мезотрофные пу-

шицево-осоковые болота [2]. Леса представлены редкостойными сосняками северотаежного типа с кустарничково-лишайниковым покровом и темнохвойными кедрово-еловыми лесами в долинах рек. На территории парка активно протекают современные экзогенные процессы. Основной процесс деградации мерзлых бугров – термокарстовое проседание с последующей гидроморфизацией, формирование трещин-просадок [10]. В настоящее время термокарст приобрел пульсирующий характер, резко усиливаясь в годы с теплыми и влажными летними сезонами [1]. Помимо этого, наблюдаются термоденудация, солифлюкция, мерзлотное пучение, криотурбация, дефляция.

Для создания моделей типов болот в качестве предикторов использованы следующие источники: спутниковые снимки Landsat 8 за 4 времени года с низкой облачностью и без технических помех [24] и цифровая модель местности (ЦММ) ASTER GDEM v3 [22]. Все каналы снимков приведены к разрешению 15 м: каналы видимого спектра при помощи алгоритма паншарпенинга, остальные каналы – при помощи билинейной интерполяции. Далее были созданы мозаики из снимков, охватывающие всю исследуемую территорию, по одному файлу на каждый канал снимка за каждое время года. Растр ЦММ при помощи билинейной интерполяции также приведен к разрешению 15 м. Так как многие методы машинного обучения демонстрируют лучшие результаты на нормализованных данных, ко всем предикторам применена минимально-максимальная нормализация.

В качестве целевой переменной использовали карту растительности из фондов научного отдела парка «Нумто» масштаба 1:100 000, составленную по данным дешифрирования аэрофотоснимков и космоснимков сверхвысокого разрешения, и верифицированную в ходе наземных полевых наблюдений. Карта содержит 31 класс растительных формаций, из которых 12 относятся к лесной растительности, 16 – к болотной и 3 – к нарушенным экосистемам. Описание типологии болотных комплексов и методики дешифрирования данных дистанционного зондирования представлены в работе [9]. Болота занимают большую часть исследуемой территории – 339699 га (56,9%). Из них бугристые болота занимают 143668 га (24,1%), примерно такую же площадь занимают олиготрофные немерзлые болота – 140002 га (23,5%), наименьшую площадь занимают евтрофные и мезотрофные болота – 56029 га (9,4%). Леса и озера занимают соответственно 27,3 и 13,5% территории парка. Площадь нарушенных экосистем сравнительно невелика – на гари и горельники приходится 13392 га (2,2%), а антропогенные объекты занимают незначительную площадь – 38 га ($<0,1\%$).

Так как большой размер растра затрудняет одновременное использование всех данных, растры были разбиты на квадраты – «тайлы», размером 128×128 пикселей ($1,92 \times 1,92$ км). В процессе обучения нейронных сетей применена техника аугментации – «тайлы» немного модифицировались для того, чтобы искусственно сделать данные более разнообразными и тем самым снизить переобучение. «Тайлы» перемешаны случайным образом и разбиты на три набора данных: трени-

ровочный, валидационный и тестовый – в соотношении 3:1:1. Тестовый набор данных служит для обучения модели, валидационный – для выявления переобучения и выбора оптимальных гиперпараметров, тестовый – для финальной проверки качества моделирования.

Для оценки моделей использовали следующие метрики: точность (accuracy), точность (precision), отклик (recall), кривая ошибок (Receiver Operator Characteristic Area Under Curve, ROC AUC) и коэффициент Жаккара (Jaccard index, Intersection over Union, IoU). Коэффициент Жаккара считается метрикой, позволяющей наиболее точно оценить качество сегментации [15]. В качестве функции потерь (loss) при обучении нейронных сетей использовали функцию категориальной перекрестной энтропии. Обучение всех нейронных сетей проводили в течение 100 эпох, для дальнейшей работы сохраняли со-

стояние модели в ту эпоху, когда функция потерь на валидационном наборе данных была минимальна.

Для обработки данных и обучения моделей использовали библиотеку языка программирования Python с открытым исходным кодом Remote Sensing Processor [21].

Одной из поставленных задач являлся выбор оптимального алгоритма картографирования типов болот. Для сравнения выбраны 15 моделей машинного обучения. Были обучены 4 модели классического машинного обучения и 11 нейросетевых моделей. Значения всех метрик обученных моделей приведены в таблице 1.

На первом этапе исследования были использованы модели классического машинного обучения. Логистическая регрессия, наиболее простая из используемых моделей, достигла accuracy 68% и IoU 0,39 на тренировочных данных, при этом модель практически не пере-

Таблица 1 – Значения метрик для всех обученных моделей

Модель	Набор данных	Loss	Accuracy	Precision	Recall	ROC AUC	IoU
Логистическая регрессия	Тренировочный	-	0,6833	0,5076	0,4398	0,7729	0,3952
	Валидационный	-	0,6801	0,4996	0,4516	0,7774	0,4025
	Тестовый	-	0,6732	0,5038	0,4444	0,7331	0,3967
Случайный лес из Sklearn	Тренировочный	-	0,5629	0,2487	0,3241	0,6769	0,2527
	Валидационный	-	0,5547	0,2463	0,3264	0,6613	0,2514
	Тестовый	-	0,5619	0,2491	0,3212	0,6621	0,2514
Случайный лес из XGB	Тренировочный	-	0,7011	0,665	0,5133	0,7825	0,4818
	Валидационный	-	0,6843	0,6226	0,4645	0,7792	0,4179
	Тестовый	-	0,6821	0,6376	0,4604	0,7613	0,4176
Градиентный бустинг	Тренировочный	-	0,7995	0,7324	0,7057	0,8488	0,7089
	Валидационный	-	0,751	0,6647	0,5595	0,8329	0,5247
	Тестовый	-	0,7573	0,6682	0,5683	0,8292	0,5336
DeepLabV3 MobileNet	Тренировочный	0,5189	0,8012	0,7845	0,746	0,7229	0,6294
	Валидационный	0,727	0,7267	0,6905	0,6751	0,7052	0,53
	Тестовый	0,6999	0,7364	0,734	0,6751	0,7155	0,5504
DeepLabV3 ResNet50	Тренировочный	0,5191	0,8014	0,7645	0,7468	0,7229	0,6216
	Валидационный	0,6439	0,7528	0,6916	0,702	0,7151	0,5563
	Тестовый	0,6353	0,7576	0,7186	0,713	0,7221	0,568
DeepLabV3 ResNet101	Тренировочный	0,5829	0,7726	0,7529	0,706	0,7171	0,5829
	Валидационный	0,6625	0,7404	0,7034	0,6858	0,7191	0,5379
	Тестовый	0,6656	0,7391	0,737	0,6783	0,7201	0,5471
FCN ResNet50	Тренировочный	0,5129	0,7975	0,7781	0,7519	0,7246	0,628
	Валидационный	0,66	0,7519	0,7099	0,7012	0,7214	0,5611
	Тестовый	0,6567	0,7486	0,7225	0,7055	0,7196	0,5632
FCN ResNet101	Тренировочный	0,5159	0,7992	0,7597	0,7554	0,7245	0,6256
	Валидационный	0,6553	0,7426	0,6763	0,7118	0,7187	0,5504
	Тестовый	0,6488	0,7516	0,7226	0,7202	0,7197	0,5735
LRASPP	Тренировочный	0,4179	0,8371	0,8057	0,8099	0,7331	0,6905
	Валидационный	0,7345	0,7397	0,6855	0,7052	0,7164	0,5472
	Тестовый	0,7042	0,7463	0,7155	0,7139	0,7175	0,5711
Segformer	Тренировочный	0,6152	0,7611	0,72	0,6935	0,7134	0,5644
	Валидационный	0,667	0,7406	0,6881	0,6832	0,7221	0,5393
	Тестовый	0,6627	0,74	0,7133	0,6959	0,7198	0,5564
UperNet Swin	Тренировочный	0,6127	0,7611	0,7287	0,7274	0,7134	0,5812
	Валидационный	0,658	0,7434	0,6834	0,717	0,7226	0,5537
	Тестовый	0,6538	0,7458	0,7138	0,7243	0,7228	0,5727
UperNet ResNet50	Тренировочный	0,5962	0,7728	0,7371	0,7088	0,7162	0,5839
	Валидационный	0,6687	0,7445	0,6911	0,6974	0,7143	0,5498
	Тестовый	0,6529	0,7494	0,719	0,704	0,7222	0,5677
UperNet ConvNeXtV2	Тренировочный	0,6453	0,7451	0,7147	0,692	0,7127	0,5549
	Валидационный	0,6897	0,7292	0,6917	0,6925	0,7187	0,5432
	Тестовый	0,6925	0,7254	0,707	0,6932	0,7199	0,5489
MobileViTV2	Тренировочный	0,6585	0,7434	0,7182	0,6604	0,7086	0,5292
	Валидационный	0,7439	0,7174	0,674	0,6498	0,7077	0,5048
	Тестовый	0,7459	0,7117	0,6836	0,6484	0,7116	0,505

обучилась. Две различных реализации алгоритма «случайного леса» показали совершенно разные результаты – алгоритм, использующий реализацию из библиотеки Scikit-learn [23], показал крайне низкие результаты, тогда как алгоритм, использующий реализацию из библиотеки XGBoost [13] достиг лучших результатов, чем логистическая регрессия. Модель градиентного бустинга достигла наивысшей точности среди моделей классического машинного обучения. На тренировочном наборе данных ее ассигасу составила 79,95%, что в среднем сравнимо с ассигасу, достигаемой нейронными сетями, а IoU достигла 0,7089, что выше, чем у любой другой из моделей. На валидационном и тестовом наборах данных модель достигла точности 75,1% и 75,73% соответственно, и IoU 0,5247 и 0,5336. Большая разница между IoU на тренировочном и валидационном наборах данных свидетельствует о переобучении.

Использование сверточных нейронных сетей позволило увеличить качество классификации. Среди трех вариаций модели с архитектурой DeepLabV3 [14] наилучший результат показала модель с экстрактором признаков на основе ResNet50. На тренировочном наборе данных она достигла ассигасу 80,14% и IoU 0,6216; на валидационном наборе данных – 75,28% и 0,5563; на тестовом наборе данных – 75,76% и 0,568. Модель с экстрактором MobileNetV3 с меньшим количеством параметров показала худший результат на валидационном и тестовом наборах данных, а модель с экстрактором ResNet101 с большим количеством параметров показала худшие результаты на всех трех наборах данных. Следовательно, большее число обучаемых параметров не обязательно приводит к улучшению результатов моделирования и модель стоит выбирать для каждой задачи индивидуально. Обе вариации модели FCN [19] – с экстракторами ResNet50 и ResNet101 – показали примерно одинаковые результаты, сопоставимые с результатами DeepLabV3, а модель на основе архитектуры LRASPP [16] с экстрактором MobileNetV3 переобучилась несколько сильнее, чем DeepLabV3 и FCN, показав на тренировочном наборе данных лучший результат среди обученных нейронных сетей – ассигасу 83,71% и IoU 0,6905, но на валидационном и тестовом наборах данных она показала сравнимые с другими моделями или худшие результаты.

Нейронные сети, основанные на механизме внимания (трансформеры), показали худшие результаты, чем сверточные нейронные сети. Модель SegFormer [26] на тренировочном наборе данных продемонстрировала результат, сравнимый с точностью сверточных нейрон-

ных сетей, но немного худший, а модель MobileViTV2 [20] продемонстрировала худший результат среди всех нейросетевых моделей. Вместе с тем результаты обучения различных вариаций UperNet [25] не позволяют сделать вывод о полном превосходстве сверточных нейронных сетей над трансформерами. Лучшего результата достиг вариант, использующий в качестве экстрактора признаков SWIN Transformer, вариант, использующий в качестве экстрактора признаков сверточную нейронную сеть ResNet50, продемонстрировал немного худшие результаты, а вариант модели, использующий экстрактор признаков на основе трансформера ConvNeXt, показал худший результат среди обученных вариантов UperNet.

Для дальнейшей оценки результатов моделирования были выбраны две модели – модель градиентного бустинга, как лучшая из моделей классического машинного обучения, и DeepLabV3 с экстрактором ResNet50, как показавшая один из лучших результатов среди нейросетей. Для каждой из двух моделей по результатам применения ко всему набору данных (тренировочному, валидационному и тестовому) построена матрица ошибок (таблицы 2 и 3), для каждого из классов рассчитаны precision, recall и F1 score (среднее гармоническое между precision и recall), рассчитана общая точность для каждой модели. Итоговая общая точность на всём наборе данных у нейронной сети оказалась немного выше – 78,76% против 77,99% у градиентного бустинга.

С моделированием мерзлых бугристых болот лучше справилась нейронная сеть – ее интегральная мера точности (F1 score) составила 80,0%, в то время как модель градиентного бустинга показала результат 78,5%. С моделированием класса олиготрофных болот обе модели справились немного хуже и показали примерно одинаковый результат – F1 score модели градиентного бустинга составил 0,708, а F1 score нейронной сети – 0,714. Модель градиентного бустинга продемонстрировала precision 0,6831 и recall 0,7334, а нейронная сеть – precision 0,7221 и recall 0,7062, то есть модель градиентного бустинга чаще ошибочно относилась к классу олиготрофных болот участки, принадлежащие к другим классам, но нейронная сеть чаще ошибочно относилась к классу олиготрофных болот к другим классам. С моделированием евтрофных и мезотрофных болот обе модели справились хуже, однако нейронная сеть продемонстрировала более высокий общий результат – F1 score составила 0,604 против 0,565 у модели градиентного бустинга.

Таблица 2 – Матрица ошибок моделирования типов болот с использованием модели градиентного бустинга, значения приведены в тыс. пикс

Объект		Результат моделирования										
		1	2	3	4	5	6	7	Всего	Recall	F1	
Исходные данные	Озера	1	3204,7	20,1	1,1	206,1	68,6	53,1	0	3553,8	0,9018	0,895
	Леса	2	25,9	6178,4	61	161,5	685,7	129,1	0,032	7241,7	0,8532	0,845
	Гари	3	0,7	85	463,1	28,6	14,4	2,7	0	594,7	0,7788	0,801
	Бугристые болота	4	180,6	164,9	19,9	5106,6	769,3	139,7	0,002	6381,1	0,8003	0,785
	Олиготрофные болота	5	93,6	644,7	10,2	742,1	4559,3	166,8	0,004	6216,9	0,7334	0,708
	Евтрофные и мезотрофные болота	6	100,6	280,5	6,2	387,3	577,4	1136,2	0	2488,2	0,4566	0,565
	Антропоген. объекты	7	0,001	0,391	0	0,271	0,103	0,01	0,93	1,706	0,5451	0,724
	Всего		3606,2	7374,2	561,5	6632,5	6674,9	1627,7	0,968	26478	0,7242	-
	Precision		0,8887	0,8378	0,8248	0,7699	0,6831	0,6981	0,9607	0,8090	0,7799	-

Таблица 3 – Матрица ошибок моделирования типов болот с использованием нейронной сети DeepLabV3 с экстрактором признаков ResNet50, значения приведены в тыс. пикс

Объект		Результат моделирования										
		1	2	3	4	5	6	7	Всего	Recall	F1	
Исходные данные	Озера	1	3228,3	19,1	3,7	178,3	71,4	53	0	3553,8	0,9084	0,895
	Леса	2	30,4	6319,3	68,4	140,4	567,8	115,5	0	7241,7	0,8726	0,848
	Гари	3	0,621	110,9	458,7	11,5	8,9	4,1	0	594,7	0,7713	0,722
	Бугристые болота	4	193,4	141,8	113,9	5123,7	629,8	178,4	0	6381,1	0,803	0,800
	Олиготрофные болота	5	93,6	739,3	22,3	691,1	4390,2	280,3	0	6216,9	0,7062	0,714
	Евтрофные и мезотрофные болота	6	113,1	330,6	11,2	286,6	411,6	1335,1	0	2488,2	0,5366	0,604
	Антропоген. объекты	7	0	0,751	0	0,433	0,271	0,251	0	1,706	0	-
	Всего		3659,4	7661,7	678,2	6432,1	6080	1966,6	0	26478	0,6569	-
Precision		0,8822	0,8248	0,6764	0,7966	0,7221	0,6789	0	0,6544	0,7876	-	

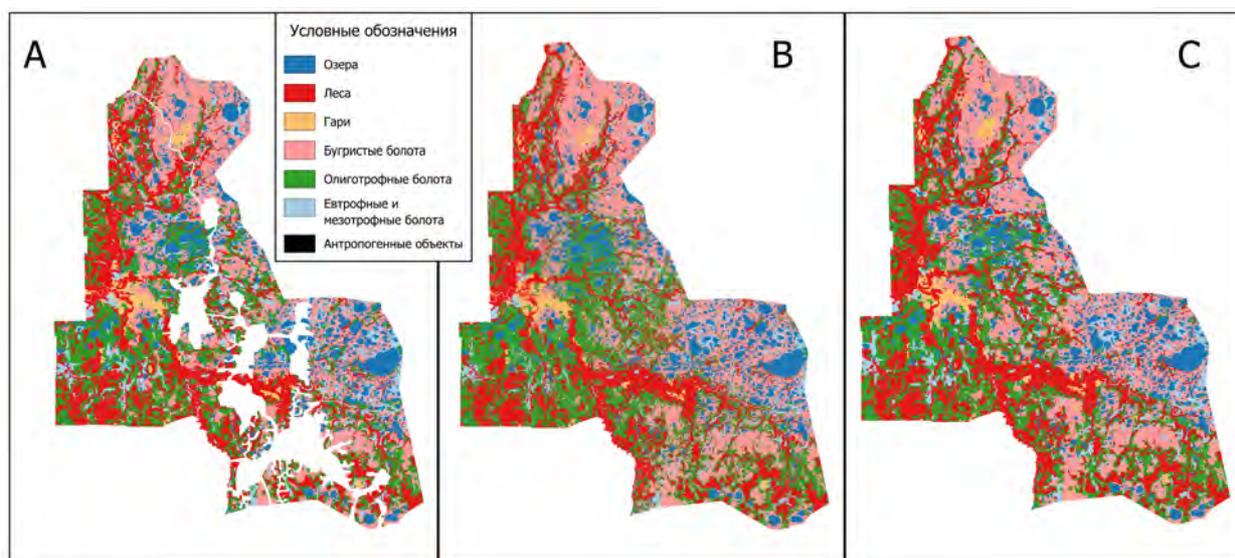
Для визуального сравнения двух моделей по результатам моделирования построены карты типов болот (рисунок 1). О том, что обе модели могут быть применены для картографирования типов болот на смежных территориях, свидетельствует то, что метрики (см. таблицу 1) обеих моделей на тренировочном наборе данных не сильно отличаются от метрик на валидационном и тестовом наборах данных, которые не использовали при обучении моделей, то есть степень переобучения моделей невелика. По результатам картографирования (см. рисунок 1) также можно убедиться, что модель смогла провести картографирование типов болот в том числе на территориях, информация о которых отсутствовала в исходных обучающих данных.

Рассмотрим особенности картографирования, характерные для каждой из моделей (рисунок 2). Так как модель градиентного бустинга предназначена не для сегментации, а для решения задачи классификации в общем виде, она не учитывает пространственную структуру данных и фактор соседства пикселей. При картографировании это проявляется в том, что, в отличие от исходной карты, где выделяются четко очерченные ареалы каждого из классов, на карте, построенной по результатам моделирования, присутствует визуальный шум, границы менее четкие, выделяются небольшие участки классов размером в несколько пикселей, что позволяет выделить мелкие детали, но может усложнить применение карты на практике в том слу-

чае, если необходимо четкое выделение ареалов разных классов. Карта, построенная по результатам моделирования при помощи нейронной сети, по размеру и структуре ареалов близка к исходным данным. Границы между ареалами проведены четко, ареалы однородны внутри, отсутствует шум. Такая карта не выделяет очень мелкие детали, она детальна и генерализована настолько же, насколько генерализована карта, построенная по исходным данным.

Проведенное исследование показывает, что картографирование типов болот может быть успешно осуществлено с использованием методов машинного обучения на основе данных спутниковых снимков Landsat и ЦММ ASTER GDEM.

Сравнение различных моделей показало, что нейронные сети обычно превосходят модели классического машинного обучения в качестве моделирования, но модель градиентного бустинга достигла качества моделирования, сопоставимого с нейронными сетями. Сравнение между собой нейронных сетей с различной архитектурой подтвердило, что механизм внимания, лежащий в основе нейросетей-трансформеров, не дает им преимущества, и лучшие результаты показывают сверточные нейронные сети, а большее количество параметров нейронной сети не гарантирует лучшего качества моделирования. Следовательно, в задачах геопространственного моделирования этап сравнения и выбора оптимальной модели является важным.

**Рисунок 1 – Результат картографирования: А – исходных данных, В – результатов моделирования с использованием модели градиентного бустинга, С – результатов моделирования с использованием нейронной сети DeepLabV3**

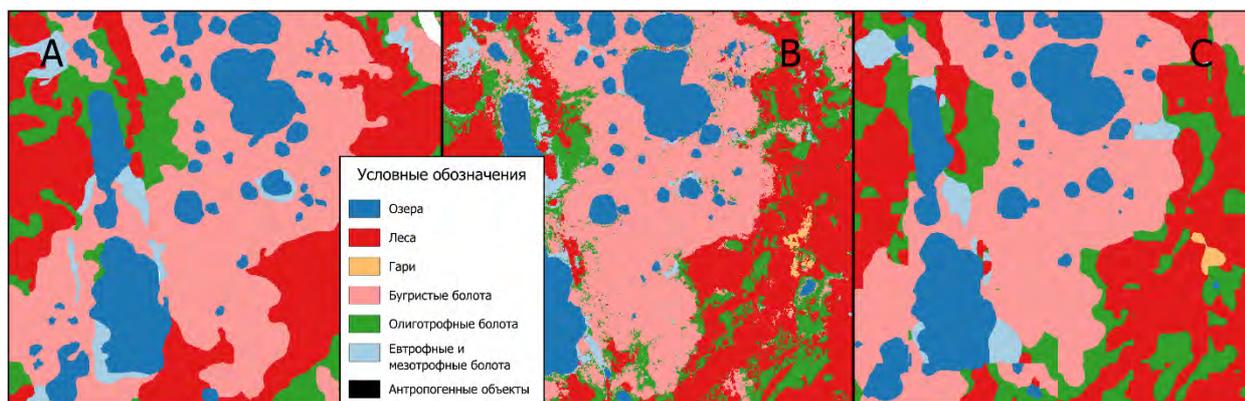


Рисунок 2 – Карта растительности исследуемой территории (фрагмент):
А – исходные данные, В – результат моделирования с использованием модели градиентного бустинга,
С – результат моделирования с использованием нейронной сети DeepLabV3

Для более подробного сравнения выбраны две лучшие в своих классах модели – модели градиентного бустинга (accuracy 76% и IoU 0,53 на тестовом наборе данных) и сверточной нейронной сети DeepLabV3 с экстрактором признаков ResNet50 (accuracy 76% и IoU 0,57 на тестовом наборе данных). При моделировании двух из трех типов болот – бугристых, а также евтрофных и мезотрофных болот нейронная сеть справилась с моделированием лучше, чем модель градиентного бустинга. При моделировании олиготрофных болот обе модели показали примерно одинаковые результаты. Следовательно, преимущество нейронных сетей при решении задачи моделирования типов болот существует, но оно невелико.

Вместе с тем сравнение результатов моделирования типов болот обеими моделями выявило значительные различия пространственной структуры результатов применения двух классов моделей. Модели классического машинного обучения не сохраняют простран-

ственную структуру и степень генерализации обучающих данных, из-за чего на карте появляется шум, а внутри крупных ареалов часто появляются более мелкие ареалы других классов, что может быть полезно, если есть необходимость дешифрирования небольших объектов. Модели глубокого обучения сохраняют пространственную структуру и степень генерализации исходных данных.

Точность обеих избранных моделей на тренировочном, валидационном и тестовом наборах данных отличалась не критично, из чего можно сделать вывод, что модель практически не переобучилась и может моделировать типы болот, к примеру, на смежных территориях. Это утверждение проверено, когда модель была успешно применена для картографирования не только исследуемой территории, но и некоторых смежных участков. Использование модели может способствовать уточнению площади мерзлых бугристых болот и прогнозу углеродного баланса в условиях потепления климата.

Список литературы

1. Аветов Н.А., Кузнецов О.Л., Шишконокова Е.А. Опыт использования классификации и диагностики почв России в систематике торфяных почв биогеоценозов олиготрофных болот северотаежной подзоны Западной Сибири // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 17. Почвоведение. – 2019. – № 4. – С. 37–47.
2. Аветов Н.А., Кузнецов О.Л., Шишконокова Е.А. Почвы олиго-мезотрофных и мезотрофных болот бореального пояса Западной Сибири: возможности геоботанической диагностики в рамках типа торфяных мезотрофных почв // Почвоведение. – 2021. – № 5. – С. 568–581.
3. Атлас Ханты-Мансийского автономного округа – Югры. Том II. Природа. Экология. Ханты-Мансийск. – Москва: ООО НПФ «Талка – ТДВ», 2004. – 152 с.
4. Валеева Э.И., Московченко Д.В., Арефьев С.П. Природный комплекс парка «Нумто». – Новосибирск: Наука, 2008. – 280 с.
5. Геоэкология СССР. Западная Сибирь. – М.: Недра, 1989. – 457 с.
6. Каверин Д.А., Пастухов А.В., Мажитова Г.Г. Температурный режим тундровых почв и подстилающих многолетнемерзлых пород (европейский северо-восток России). // Криосфера Земли. – 2014. – Т. XVIII. № 3. – С. 23–32.
7. Кирпотин С.Н., Березин А.Е., Семенова Н.М. и др. Западная Сибирь как природный коллаيدر: климаторегулирующая функция водно-болотных угодий // ЗападноСибирские торфяники и цикл углерода: прошлое и настоящее. Материалы Шестого Международного полевого симпозиума. – Томск, 2021. – С. 23–26.
8. Москаленко Н.Г. Изменение температуры пород и растительности под влиянием меняющегося климата и техногенеза в Надымском районе Западной Сибири // Криосфера Земли. – 2009. – Т. XIII. – № 4. – С. 18–23.
9. Московченко Д.В., Глазунов В.А., Тигеев А.А. Типология болотных комплексов природного парка «Нумто» // Современное состояние и перспектива развития сети особо охраняемых природных территорий в промышленно развитых регионах. – 2017. – С. 44–47.
10. Шишконокова Е.А., Аветов Н.А., Березина Н.А. и др. Проявления регрессивных процессов на болотах южной части природного парка Нумто (Ханты-Мансийский автономный округ – Югра) // Бюллетень Московского общества испытателей природы. Отдел биологический. – 2016. – Т. 121. – № 3. – С. 39–50.
11. Borge A.F., Westermann S., Solheim I., Eitzelmüller B. Strong degradation of palsas and peat plateaus in northern Norway during the last 60 years. // The Cryosphere. – 2017. – Vol.11. – P.1–16. <https://doi.org/10.5194/tc-11-1-2017>.
12. Chavez P.S. Jr. An improved dark-object subtraction technique for atmospheric scattering correction of multispectral data // Remote sensing of environment. – 1988. – Т. 24. – № 3. – С. 459–479.

13. Chen T., Guestrin C. Xgboost: A scalable tree boosting system // Proceedings of the 22nd ACM SIGKDD international conference on knowledge discovery and data mining. – 2016. – С. 785–794.
14. Chen L.C., Papandreou G., Schroff F., Adam H. Rethinking atrous convolution for semantic image segmentation // arXiv preprint arXiv:1706.05587. – 2017.
15. Garcia-Garcia A., Orts-Escobedo S., Oprea S.O. et al. A review on deep learning techniques applied to semantic segmentation // arXiv preprint arXiv:1704.06857. – 2017.
16. Howard A., Sandler M., Chu G. et al. Searching for MobileNetV3 // Proceedings of the IEEE/CVF international conference on computer vision. – 2019. – С. 1314–1324.
17. Jones, B.M., Baughman, C.A., Romanovsky, V.E. et al. Presence of rapidly degrading permafrost plateaus in south-central Alaska // The Cryosphere. – 2016 – Vol.10. – Issue 6. – P. 2673–2692. <https://doi.org/10.5194/tc-10-2673-2016>, 2016.
18. Kirpotin S.N., Berezin A., Bazanov V. et al. Western Siberia wetlands as indicator and regulator of climate change on the global scale // International Journal of Environmental Studies. – 2009. – Т. 66. – №. 4. – С. 409–421.
19. Long J., Shelhamer E., Darrell T. Fully convolutional networks for semantic segmentation. // arXiv preprint arXiv:1411.4038. – 2014.
20. Mehta S., Rastegari M. Separable self-attention for mobile vision transformers // arXiv preprint arXiv:2206.02680. – 2022.
21. Moskovchenko M. simonreise/remote-sensing-processor: Remote Sensing Processor 0.2.2. // Zenodo. – 2024.
22. NASA/METI/AIST/Japan Spacesystems, and U.S./Japan ASTER Science Team. ASTER GlobalDigital Elevation Model V003. // Distributed by NASA EOSDIS Land Processes DAAC. – 2018. DOI: 10.5067/ASTER/ASTGTM.003.
23. Pedregosa F., Varoquaux G., Gramfort A. et al. Scikit-learn: Machine learning in Python // the Journal of machine Learning research. – 2011. – Т. 12. – С. 2825–2830.
24. Roy D.P., Wulder M.A., Loveland T.R. et al. Landsat-8: Science and product vision for terrestrial global change research // Remote sensing of Environment. – 2014. – Т. 145. – С. 154–172.
25. Xiao T., Liu Y., Zhou B. et al. Unified perceptual parsing for scene understanding // Proceedings of the European conference on computer vision (ECCV). – 2018. – С. 418–434.
26. Xie E., Wang W., Yu Z. et al. SegFormer: Simple and efficient design for semantic segmentation with transformers // Advances in Neural Information Processing Systems. – 2021. – Т. 34. – С. 12077–12090.

МНОГОЛЕТНЯЯ ДИНАМИКА КУСТАРНИЧКОВО-СФАГНОВОГО СОСНЯКА В ДАРВИНСКОМ ПРИРОДНОМ БИОСФЕРНОМ ЗАПОВЕДНИКЕ

А.К. Мухин¹, Д.О. Садоков^{2,3}, Л.Р. Ахметшина³, Е.А. Быковская³, О.М. Македонская³

¹Дарвинский государственный природный биосферный заповедник, Вологодская обл., Россия, akm.ru@yandex.ru

²Университет МГУ-ППИ, Шэньчжэнь, Китай

³Университет ИТМО, Санкт-Петербург, Россия

Один из ведущих природных факторов, оказывающих воздействие на эволюцию природных комплексов Дарвинского природного биосферного заповедника, связан с близостью Рыбинского водохранилища. Отдельный интерес представляет естественная динамика болотных природных территориальных комплексов. В статье проанализирована накопленная информация о динамике древостоя и травяно-кустарничкового яруса в пределах пробной площади (ПП) №18, расположенной на местном водораздельном олиготрофном торфянике, за период с 1947 по 2012 гг.

Один из ведущих природных факторов, оказывающих воздействие на эволюцию природных комплексов Дарвинского природного биосферного заповедника, связан с близостью Рыбинского водохранилища. С момента его образования в 1945 г., на прилегающей с северо-запада территории, не попавшей под затопление, был установлен режим особой охраны, с целью изучения реакции природного комплекса на воздействие крупного искусственного водоёма. Леса, произраставшие на близлежащих территориях, оказались затоплены, и разрушились в течение первых десятилетий после подъема воды. По периметру вблизи абсолютной отметки нормального подпорного уровня (102 м над у.м.) сформировалась обширная зона временного затопления [5].

Один из наиболее наглядных процессов динамики болотных ландшафтов Дарвинского заповедника – это изменения в составе растительности на границе леса и болота, а также на сухих островных участках. Некоторыми исследователями допускалось, что сукцессии в сосняках, занимающих пологие склоны песчаных гряд,

обращенных к болотам, происходят по причине повышения и колебаний уровня грунтовых вод [3]. Однако, эта точка зрения поддерживается не всеми авторами [8], а основным фактором динамики лесного древостоя на окраинных и островных участках олиготрофных болот считается естественный многовековой процесс болотообразования [7]. В особенности это характерно для внутриболотных «минеральных» островов, сложенных хорошо сортированным тонкопесчаным материалом. В Дарвинском заповеднике такие продолговатые вытянутые формы рельефа называются «гривы» или «веретья». Настоящая статья посвящена анализу накопленной информации о динамике древостоя и травяно-кустарничкового яруса в пределах пробной площади (ПП) №18, расположенной на местном водораздельном олиготрофном торфянике, за период с 1947 г. по 2012 г.

В работе использованы архивные материалы описаний растительности на ПП №18. Перечёт древостоя представлен за семь интервалов, с 1947 по 2012 гг. (таблица). При перечёте измеряли и оценивали следующие лесотаксационные показатели: состав леса, количество

деревьев на гектар (густота), средний диаметр деревьев, средняя высота деревьев, максимальный возраст основного поколения сосны, относительная полнота леса, бонитет, состояние здоровых деревьев и сухостоя, запас древесины (живые деревья, сухостой, валежник).

Относительную полноту леса высчитывали как отношение суммы площадей сечения на 1 га таксируемого насаждения ($\sum G_d$) к сумме площадей сечения нормального насаждения (имеющего наибольшую величину абсолютной полноты в данных лесорастительных условиях) ($\sum G_n$).

Бонитет леса определяли классическим методом в соответствии со шкалой М.М. Орлова. Состояние живого древостоя оценивали по наличию видимых признаков заболеваний, отставания в росте или усыхания. Состав растительности травяно-кустарничкового яруса в пределах пробной площади учитывали по шкале Друде.

В работе были использованы архивные материалы аэрофотосъемки (АФС), выполненной по территории Дарвинского государственного заповедника 28.07.1978. Для анализа материалов АФС и спутниковых снимков использовалась программа QGIS.

Таблица – Динамика таксационных показателей древостоя пробной площади №18

Год перечета	Состав	Средние		А, лет	Полнота	Бонитет	Состояние деревьев, %		Запас, м ³ /га		
		d, см	h, м				Здоровые	Сухостой	Ж	С	В
1947	10С	12,5	8,1	127	0,71	V6	92,0	0,2	89	0,2	0
1960	10С	12,7	8,2	141	0,75	V6	94,0	7,5	95	8	0
1971	10С	12,7	8,2	152	0,39	V6	94,0	53,3	49	56	5
1981	10С	13,2	8,3	162	0,40	V6	94,2	48,4	52	48	19
1991	10С	12,6	8,3	172	0,11	V6	91,1	85,3	14	79	29
2001	10С	11,5	7,9	182	0,03	V6	87,0	95,6	3	65	59
2012	10С	11,6	5,3	193	0,03	V6	100	94,9	0,5	22	100
2012*	10С	8,5	4,5	30	0,01	V	100	-	0,6	-	-

Условные обозначения: d – диаметр, h – высота, Ж – живые деревья, С – сухостой, В – валежник

Дарвинский природный биосферный заповедник расположен в юго-западной части Вологодской области, и занимает центральную часть Молого-Шекснинской низменности, которая характерным образом отличается обширным развитием торфяников. Растительность заповедника относится к зоне южной тайги, Валдайско-Онежской подпровинции Североевропейской провинции Евразийской таежной области [2]. Большая часть наземной части заповедника подвержена заболачиванию. Сфагновые верховые болота, вместе с заболоченными, чаще всего сосновыми, лесами составляют до 80% охраняемой территории. Травяно-кустарничковый ярус таких олиготрофных торфяников представлен типично бедным флористическим составом, среди наиболее распространенных видов включающим кассандру, подбел, багульник болотный, голубику, клюкву, пушицу, морощку, шейхерию, осоку топяную [4].

Пробная площадь (ПП) №18 (координаты 58,552133° с.ш., 37,564817° в.д.) площадью 0,5 га расположена в центральной части верхового болота «Большой мох» в западной части Дарвинского заповедника, относящегося к бассейну р. Мологи. Рельеф болота представляет собой приподнятую поверхность местного водораздела с абсолютной отметкой 105 метров над у.м. Мощность слоя торфа (по измерениям 1947 г.) в этой части болота составляет от 1,7 до 3,5 м, его подстилают песчано-илистые осадки. Тип почв был определен А.М. Леонтьевым при заложении ПП №18 в 1947 г. как торфянисто-подзолисто-глеевый.

По данным первого перечета, выполненного в 1947 г., древостой на ПП №18 был перестойным (127 лет), чистым по составу (10С), низкобонитетным (V6). Запас был небольшим (89 м³/га), полнота древостоя средняя (0,71), деревья тонкие (диаметр 12,5 см) и низкие (высота 8,1 м) (см. таблицу). Возобновление древостоя было представлено сосной *Pinus sylvestris* L. Преобладали самосев и мелкий подрост, наблюдалась приуроченность подростка к участкам с редким покровом *Ledum palustre* L. и *Chamaedaphne calyculata* (L.) Moench

(местами насчитывалось до 200 всходов на 1 м²). В травяно-кустарничковом ярусе фон создавали *Ledum palustre* (5-6 баллов по шкале Друде, общее проективное покрытие 50%) и *Chamaedaphne calyculata* (4-м. 5 б., 30%). Из других болотных растений в небольшом обилии присутствовали *Eriophorum vaginatum* L. (м. 4 б.) в угнетенном состоянии, *Oxycoccus palustris* Pers. (м. 4-5 б.), *Rubus chamaemorus* L. (3 б.), *Andromeda polifolia* L. (2 б.). В моховом покрове преобладали *Sphagnum divinum* Brid. (5-6 б., 40%) и *Sph. angustifolium* (Russ) G. lens (4-5 б., 40%), *Sph. fuscum* (Schimp) Klinger (м. 5 б.) и *Sph. centrale* С.Е.О. Jensen (4 б.). По кочкам в виде небольших пятен отмечены *Dicranum undulatum* Schrad. ex Brid (2 б.), *Pleurozium schreberi* (Willd. ex Brid.) Mitt. (1 б.), *Polytrichum commune* Hedw. (2 б.).

В первый 20-летний период (до конца 1960-х гг.) древостой был хорошо выражен, деревья были здоровыми, для возраста около 150 лет они имели достаточно высокую относительную полноту (0,75) и запас около 100 м³/га. Однако при перечете 1971 г. отмечено интенсивное усыхание и снижение полноты до 0,40, а запаса до 50 м³/га.

В последующее 10-летие (до 1981 г.) в динамике древостоя отмечена стагнация, когда основные таксационные показатели не менялись. Однако при перечете 1991 г. отмечено продолжение интенсивного разрушения оставшегося живого древостоя. При этом в 1991 г. подрост был обильным, высота всходов до 4,0 м, преобладающая высота 1,0-2,0 м, состояние хорошее, распределен равномерно, численность 10-20 шт./сот. Общая численность 1,2 тыс. шт./га. В травяно-кустарничковом ярусе преобладали *Chamaedaphne calyculata* и *Eriophorum vaginatum* (по 4 б., 20%), меньше стало *Ledum palustre* (3-м. 5 б., 10%), *Oxycoccus palustris* (м. 4 б., 10%), *Rubus chamaemorus* (3 б.) и *Andromeda polifolia* (2 б.). В моховом покрове фон по-прежнему создавали *Sphagnum divinum* (5 б., 40%) и *Sph. angustifolium* (5-6 б., 60%). На аэрофотосъемке 1978 г. (рисунок 1) преобладает четко выраженная разноразмерная зернис-

тость поверхности, преимущественно тона темно-зеленые. Общий цветовой градиент в западном направлении от площадки изменяется в сторону более тонов с большей яркостью и с меньшей четкостью зернистой структуры изображения, тогда как с севера и востока от ПП №18 преобладает поверхность снимка более крупнозернистая, с более темным общим фоном. На самой ПП №18 оба этих контура (градиента) сочетаются соответственно с западной и восточной частями площадки.

Разрушение древостоя, отмеченное в 1990-х гг., превратило его в редину, при переписи в 2001 г. относительная полнота снизилась до 0,03, запас живых деревьев составил около 3 м³/га, а общая численность подроста увеличилась до 2,5 тыс. шт./га. Фонowymi представителями травяно-кустарничкового яруса оставались *Chamaedaphne calyculata* (4 б., 40%), *Eriophorum vaginatum* (4 б., 30%) и *Oxycoccus palustris* (4 б., 20%). Резко сократилась доля *Ledum palustre* (3 б.), *Rubus chamaemorus* и *Andromeda polifolia* остались в прежнем обилии. Моховой покров не изменился.

По данным последнего переписи 2012 г. отмечено, что материнский древостой в возрасте 193 года практически полностью разрушился, запас живых деревьев снизился до 0,5 м³/га, среди его единичных деревьев выделено появившееся молодое поколение древостоя сосны численностью 24 шт./га с полнотой 0,01 и запасом 0,6 м³/га. В 2012 г. также было отмечено снижение численности подроста до 2 тыс. шт./га, т.к. часть его, достигнув ступени толщины 6 см, перешла в древостой. Высота подроста от 1,0 до 3,5 м, преобладающая высота 2,5 м, состояние хорошее. Как и в прежние годы, фоновым видом в травяно-кустарничковом ярусе осталась *Chamaedaphne calyculata* (5 б., 50%), *Ledum palustre* стало больше, чем в предыдущем описании (3-4 б., 10%), сократилась доля *Eriophorum vaginatum* (м. 2-3 б.). Стало больше *Rubus chamaemorus* (4 б., 30%), *Andromeda polifolia* (м. 3-4 б., 10%) и *Oxycoccus palustris* (4 б., 30%). В моховом покрове фоновым остался лишь *Sphagnum angustifolium* (6 б., 90%), редко отмечены *Sph. divinum* (2-3 б.) и на кочках *Polytrichum commune* (1 б.).

На спутниковом снимке 2018 г. (см. рисунок 1) общая тональность, более сдержанная и светлая, чем в 1978 г., зернистость значительно меньше. На ПП №18 выделяется несколько основных контуров древесной и травяно-кустарничковой растительности. В пределах ближайших 300 метров вокруг ПП №18 отмечается также общее снижение зернистости покрытия, сглаженные очертания элементов и равномерность распределения тонов на снимке.

Учитывая принципы динамической типологии И.С. Мелехова [6], и анализируя изменения живого напочвенного покрова за 65-летний период исследований, можно выделить в жизни рассматриваемого перестойного сосняка кустарничково-сфагнового четыре типа – этапы:

Первый – сосняк багульниково-кассандровый сфагновый, был описан в 1947 г. и просуществовал около 40 лет. Учитывая циклический характер развития древесной растительности в болотных экосистемах [3], сравнительно длительное сохранение полноты и запасов древесины на ПП №18, наблюдавшееся в первые десятилетия наблюдений, может объясняться достижением естественной спелости древостоя. Характеризовался интенсивным отпадом в связи с достижением древостоем сосны возраста естественной спелости.

Второй – сосняк багульниково-кассандровый сфагновый, был описан в 1947 г. и просуществовал около 40 лет. Учитывая циклический характер развития древесной растительности в болотных экосистемах [3], сравнительно длительное сохранение полноты и запасов древесины на ПП №18, наблюдавшееся в первые десятилетия наблюдений, может объясняться достижением естественной спелости древостоя. Характеризовался интенсивным отпадом в связи с достижением древостоем сосны возраста естественной спелости.



Рисунок 1 – Результаты определения изменения растительности на болоте «Большой Мох» на основе съемки

Второй – сосняк пушицево-кассандровый сфагновый, зафиксирован при описании 1991 г. Динамика насаждений характеризовалась дальнейшим интенсивным разрушением материнского древостоя сосны, накоплением сухостоя и валежника.

Третий – сосняк клюквенно-пушицево-кассандровый сфагновый, зафиксирован при описании 2001 г. Этот этап характеризовался практически полным разрушением материнского древостоя, но интенсивным развитием подроста сосны хорошего состояния.

Интенсивное разрушение живого древостоя, наблюдавшееся при перечётах 1991 г. и 2001 г., может быть связано с неблагоприятными климатическими особенностями того времени: избыточно влажные годы конца 1980-х гг. и очень сухой 1992 г. В дальнейшем после засухи 1990-х гг. снова отмечен незначительный прирост оставшегося материнского древостоя и ожидается изменение текущего прироста в сторону положительной динамики за счет образования на пробной площади молодого поколения древостоя сосны.

Четвертый – сосняк клюквенно-морозково-кассандровый сфагновый, зафиксирован при описании 2012 г. Подрост сосны был по-прежнему обилен, часть его перешла в древостой, образовав его молодое поколение.

Динамика площадных характеристик древостоя (рисунок 2), определённых при помощи сравнения аэрокосмических данных за 1978 г. и 2018 г., соответ-

ствует ежедекадным таксационным записям. Так, в 1978 г. отмечена значительно большая густота крон, чем в 2018 г. К востоку от ПП №18 отмечаются многочисленные яркие безлесные участки характерного светло-коричневого цвета, занятые, по всей вероятности, пушицей. Общий контур сосняка сфагнового, изначально произраставшего компактным массивом, претерпел фрагментацию и к настоящему времени уменьшился на 35% по сравнению с 1978 г. Уменьшение размеров крон и теней указывает на смену высоты, толщины и покрытия, а значит, и возраст древостоя.

Современный этап условно соответствует началу вхождения фитоценоза ПП №18 в «комплексную стадию» развития растительности лесных болот, характерная для местоположений, где неблагоприятные условия ограничивают прирост взрослых деревьев и затрудняют появление или выживание всходов [3]. Во время комплексной стадии одновременно наблюдаются процессы гибели старого древостоя, более или менее успешный рост одного или нескольких последующих поколений, а также хороший подрост или всходы. Кроме того, активное развитие подроста и молодых деревьев может быть вызвано снижением уровня болотных вод и затормаживанием заболачивания, на что также могут указывать возросшие значения прироста сосны, ранее отмеченные в южном секторе исследуемого болотного массива «Большой мох» [1].

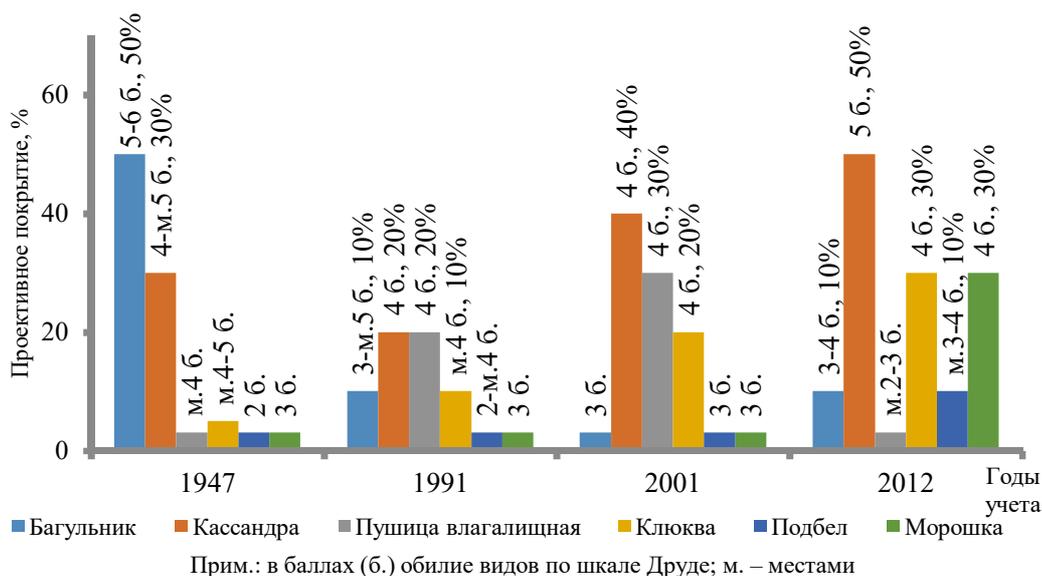


Рисунок 2 – Динамика травяно-кустарничкового яруса пробной площади №18

По натурным исследованиям и анализу аэрокосмической съемки за 70-летний период было установлено, что площадь древостоя некоторых внутриболотных островов сократилась от 10-30% до 60-80% [1]. Можно предположить, что распад древостоя вблизи и в пределах ПП №18 обусловлен теми же вышеперечисленными причинами, которые, по всей видимости, связаны с возрастающим стрессовым воздействием на перестойные сосны. При схожести общего характера процесса распада древостоя в сосняке сфагновом с сосняками минеральных островов, общая картина многолетних изменений выглядит иначе, поскольку все сосны на ПП №18 принадлежат к низкому классу бонитета, и трансформация экосистемы происходит в основном на

уровне низких и тонких взрослых сосен, и их подроста, а также, в долговременной перспективе – на уровне смены доминирующей роли болотных кустарничков. В свою очередь, на минеральных островах в основном встречаются высоко- и среднебонитетные деревья, контраст в смене типа растительности сильнее заметен и приводит к более значительным перестройкам режима функционирования фитоценоза (в первую очередь, связанным с избыточным увлажнением почвы).

В случае ПП №18 изменения в структуре растительности, подчинены, прежде всего, естественному ходу заболачивания сосняков. При этом не вызывает сомнений, что общий характер и темпы развития болот претерпели изменения с появлением Рыбинского водохра-

нилища по мере его влияния на гидроклиматические особенности местности. Повышение влажности воздуха в зимнее время, увеличение количества осадков и мощности снегового покрова, возросшая частота циклонов, уменьшение количества солнечных дней и непостоянство погоды обуславливают в целом благоприятные условия, способствующие избыточному увлажнению субстрата, удержанию выпадающих осадков в мохово-торфяном слое, что приводит к заболачиванию окраинных частей болот и к более ускоренному прогрессирующему распаду массивов болотных сосняков.

Многолетние наблюдения за динамикой лесных природных комплексов в практически ненарушенных условиях позволяют реконструировать новейшую динамику растительного покрова, которую невозможно отследить при однократных или краткосрочных визуальных наблюдениях, а использование материалов аэрокосмической съемки дает возможность детализировать изменения в пространственном формате, как для модельных площадок, так и на более широкой арене окружающего ландшафта. За 65-летний период регулярного мониторинга состояния растительного покрова в сосняке болотном было установлено, что со времени образования Рыбинского водохранилища и Дарвинского заповедника (1947 г.) до 2010-х гг. в фитоценозе неоднократно происходили структурные изменения.

В первые десятилетия наблюдений (1947-1981 гг.) древостой на участке исследования характеризовался

значительной спелостью и плотностью, наблюдался интенсивный естественный опад. К 1990-м гг. усыхание перестойного сосняка усилилось, что связано как с достижением деревьями предельных значений возраста, при произрастании в болотных условиях, так и воздействием длительных засушливых условий. Одновременно заметную долю в травяно-кустарничковом ярусе стала занимать пушица, характерным образом занимая участки, свободные от древесного яруса при переходе низкобонитетного леса в категорию редины. В настоящее время исследуемый сосняк клоквенно-моршкovo-кассандровый сфагновый имеет значительно меньшую полноту и большую разреженность, чем ранее.

Мониторинг многолетней динамики древостоя позволяет оценить устойчивость облесенных болотных участков к климатическим изменениям и обусловленной ими смене в распределении увлажнения. Анализ реакции растительности внутриболотных комплексов требует также совмещения с длительными рядами наблюдений на типологически разных модельных участках как болотных массивов, так и ближайших заболоченных лесов. В перспективе это позволит в комплексе оценить потенциал изменчивости разных фаций торфяников Дарвинского заповедника, что необходимо для выполнения основной задачи биосферного резервата – анализа реакции биоценозов на фоновые природно-климатические изменения в малонарушенных условиях.

Список литературы

1. Галанина О.В., Петрова Е.А., Садоков Д.О., Тюсов Г.А. Динамика растительности лесных минеральных островов на болоте Дарвинского заповедника (Вологодская область), Природное наследие России, Международная научная конференция, Россия, 2017, С. 125-128.
2. Грибов С.А., Исаченко Т.И., Лавренко Е.М. Растительность Европейской части СССР, Россия, 1980, 429 с.
3. Кудинов К.А., Писанов В.С. Этапы и циклы развития лесоболотных экосистем Мологско-Шекснинского междуречья, Труды Дарвинского государственного природного заповедника, выпуск 15, 1979, С. 59-62.
4. Кузнецов А.В., Зеленецкий Н.М., Рыбникова И.А. и др. Очерк природных условий Дарвинского заповедника, Труды Дарвинского государственного природного биосферного заповедника, выпуск 16, 2006, С. 5-21.
5. Кузнецов А.В., Рыбникова И.А. Некоторые методические подходы к анализу урванного режима Рыбинского водохранилища как фактора развития биотического комплекса в зоне периодических затоплений, Труды Дарвинского государственного природного биосферного заповедника, выпуск 17, 2015, С. 9-37.
6. Мелехов И.С. Типология лесов, Россия, 1976, 73 с.
7. Мухин А.К. Многолетняя динамика заболачивания сосновых лесов под влиянием водохранилища, Лесной журнал, выпуск 3, 2019, С. 17-31.
8. Смоляницкий Л.Я. Метаболизм болот в контексте их взаимоотношений с лесными экосистемами, Труды Дарвинского государственного природного заповедника, вып. 15, 1979, С. 21-31.

КЛАССИФИКАЦИЯ РАСТИТЕЛЬНОСТИ БОЛОТ СЕВЕРА КОРЯКСКОГО ОКРУГА (КАМЧАТСКИЙ КРАЙ)

В.Ю. Нешатаев¹, В.Ю. Нешатаева², К.И. Скворцов²

¹Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова, Санкт-Петербург, Россия

²Ботанический институт имени В. Л. Комарова РАН, Санкт-Петербург, Россия, vn1872@yandex.ru

Приведена аналитическая карта распространения болот севера Корякского округа (Камчатский край). Общая заболоченность составляет около 20%. На основе проведенного обобщения разнообразие растительности болот представлено семью типами растительности, диагностируемым по доминирующим экобиоморфам. Выделено 17 формаций, при этом часть из них объединяет сообщества с коллективными доминантами, что придает классификации однозначность принятия синтаксономических решений и экологичность.

Материковая часть Корякского округа Камчатского края относится к сильно заболоченным областям России. Общая площадь болот равна 3,9 млн. га, что составляет около 20% площади Олюторского и Пенжинского районов, относимых к северу Корякского округа (рисунок 1).

Некоторые сведения о болотах севера Корякского округа приведены в ряде работ [1–7]. Однако синтаксономический обзор растительности изученных болот до сих пор не был опубликован. Классификация растительности болот Корякского округа основана на эколого-фитоценологических принципах русской геоботанической школы В.Н. Сукачева – А.П. Шенникова. Мы следуем методологии выделения синтаксонов болотной растительности, впервые предложенной Ю.Д. Цинзерлингом [8].

Аналитическая карта болот севера Корякского округа основана на дешифрировании космических изображений высокого разрешения. По карте в среде AUTOCAD определена общая площадь болот каждого геоботанического округа. В качестве основы использована топографическая карта Камчатского края масштаба 1:1 000 000. Карта болот совмещена с картой геоботанического районирования, разработанной нами для Северной Корьякии ранее [7].

Далее приведены сведения о распространении типов болотных массивов и некоторых отдельных типов сообществ по геоботаническим округам и провинциям севера Корякского округа [7], а также продромус выделенных синтаксонов.

Берингийская кустарниковая лесотундровая область

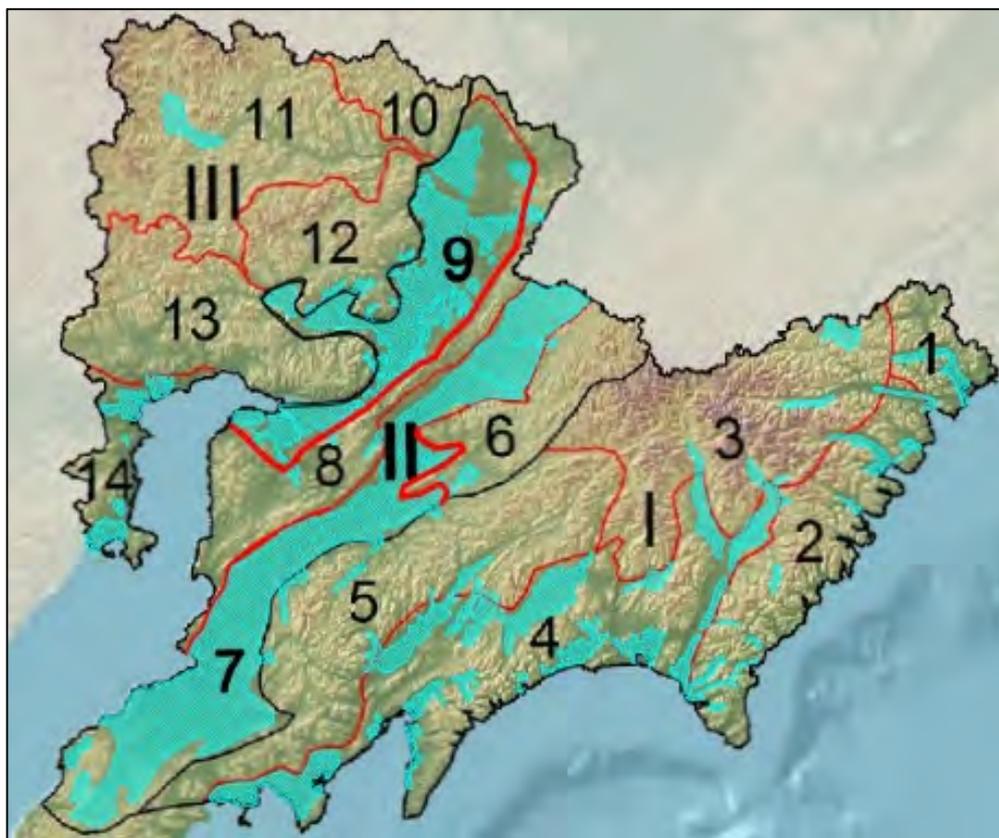
1. Корякская горная провинция крупных стлаников и кустарников:

1. Укэлятский горно-приморский округ. Включает хребты Укэляят и Пикась; долины рр. Укэляят, Опука, Линглингваям. Болотные массивы кустарничково-сфагновые с кедровым стлаником, осоково-пушицевые кочкарники, пойменные осоковые болота.

2. Олюторский горно-приморский округ. Включает Олюторский хр., Олюторский п-ов, побережье Берингова моря; долины рр. Илпивиём, Ватына, Аниваям, Апука. В широких долинах рек – осоково-пушицевые мёрзлые кочкарники (*Eriophorum vaginatum*, *Carex lugens*, *Sphagnum* spp.), в переувлажненных депрессиях – кустарничково-сфагновые болота с кедровым стлаником, пойменные и приморские осоковые болота.

3. Центрально-Корякский высокогорный округ объединяет массив горы Ледяная (2453 м), Пахачинский хребет, горы Моголай, Якъяк, верхнее течение рр. Апукваям, Ачайваям. Заболоченность менее 1%.

4. Пылгинский горно-приморский округ включает Тиличинские горы, п-ова Говена и Ильпинский, Корфскую косу, побережье залива Корфа и Олюторского залива, долины рр. Пахача, Авьенваям, Вывенка в среднем и нижнем течении. На слабодренированных равнинах и пологих склонах распространены болота-плащи с осоково-пушицевыми кочкарниками на вечной мерзлоте. В широких долинах преобладают осоково-пушицевые кочкарники в сочетании с куртинами кедрового стланика, ольховника и ерника. Заболоченность около



Условные обозначения: голубая штриховка – болота,

I, II, III – номера геоботанических провинций,

1–14 – номера геоботанических округов – по [7] см. в тексте.

Рисунок 1 – Аналитическая карта болот севера Корякского округа

40%. Болотные массивы кустарничково-сфагновые, травяно-сфагновые, осоково-пушицевые кочкарные, крупнобугристые с участием кедрового стланика, берёзки Миддендорфа, бореальных и гипоарктических видов, пойменные осоковые; термокарстовые озера с водной растительностью.

5. Ветвейский среднегорный округ объединяет Ветвейский хребет, дунитовый массив г. Сейнав, долины рр. Ветвей, Уннейваям, Вывенка (в верхнем течении). Характерны широкие межгорные заболоченные долины с осоково-пушицевыми кочкарниками, крупнобугристые болота, кустарниковые ивняки. В межгорных депрессиях встречаются бугристые болота с многолетней мерзлотой. Болотные массивы кустарничково-сфагновые с кедровым стлаником и берёзкой Миддендорфа, осоково-пушицевые кочкарные мёрзлые тундроболота, крупнобугристые с участием кедрового стланика, бореальных и гипоарктических видов, пойменные осоковые.

6. Северо-Западный низкогорный округ объединяет северо-западные отроги Корякского нагорья и хребты Ильвапинан и Телавтыпинан. В долинах горных рек обычны кустарниковые ивняки, осоковые и хвощовые низинные болота. Болотные массивы кустарничково-сфагновые с кедровым стлаником и берёзкой Миддендорфа, осоково-пушицевые кочкарные тундроболота на мерзлоте.

II. Пенжинская горно-равнинная тундрово-стланиково-болотная провинция:

7. Парапольский тундрово-болотный округ включает Парапольский дол – обширную межгорную депрессию, расположенную между Корякским нагорьем и Пенжинским хр. Преобладают осоково-пушицевые кочкарники на вечной мерзлоте. Торфяная залежь мощностью 30–50 см, мерзлота летом (в августе) залегает на глубине 30–50 см. На водоразделах, в бессточных котловинах и по берегам озер распространены травяно-сфагновые топи с участием *Carex chodorhiza*, *C. gynocrates*, *C. livida*, *C. rariflora*, *C. rotundata*, *Eriophorum polystachyon*, *Comarum palustre*, *Menyanthes trifoliata*. На коврах доминирует *Sphagnum steerei*, встречаются *S. angstroemi*, *S. balticum*, *S. fimbriatum*, *S. lenense*, *S. teres*, *S. warnstorffii*. Также встречаются кустарничково-сфагновые болота с кедровым стлаником, пойменные осочники, полигональные болота на вечной мерзлоте. Болотные массивы образуют сочетания с сообществами кедрового стланика, березки Миддендорфа и ольховника (*Alnus fruticosa*).

8. Понтанейский горный округ включает Пенжинский хребет (Понтанейские горы), отделяющий Парапольский дол от Пенжинской депрессии. Болота встречаются очень редко: кустарничково-сфагновые с кедровым стлаником, осоково-пушицевые, пойменные осочники.

9. Пенжинский тундрово-болотный округ включает долину р. Пенжины от устья (с. Манилы) до среднего течения (с. Аянка), а также Пенжинский дол – обширную заболоченную низменность, расположенную между Пенжинским хр. и Колымским нагорьем. Растительность: осоково-пушицевые кочкарники, полигональные болота, плоскобугристые болота; стланики, кустарниковые ивняки, ерники, пойменные тополевы

и чозениевые леса. В северо-западной части округа – лиственничники и лиственничные редколесья (*Larix cajanderi*) сфагновые. В депрессиях преобладают кочкарные осоково-пушицевые болота. Встречаются полигональные болота на вечной мерзлоте (на валиках *Ledum decumbens*, *Vaccinium uliginosum*, *Eriophorum vaginatum*, *Sphagnum* spp.; в центрах полигонов *Eriophorum scheuchzeri*, *Carex rotundata*; в канавах *Carex lapponica*, *Warnstorfia exannulata*). Отмечены небольшие участки аапа-болот с озерково-мочажинным комплексом в центральной части. Болотные массивы кустарничково-сфагновые с кедровым стлаником, в северо-западной части – с лиственницей, травяно-сфагновые, пойменные осоковые. К северу от р. Оклан (приток Пенжины) встречаются полигональные болота на многолетней мерзлоте со сфагнами, морошкой и гипоарктобореальными кустарничками на валиках (*Empetrum nigrum*, *Vaccinium uliginosum*, *V. vitis-idaea*, *Ledum decumbens*, *Betula exilis*, *Rubus chamaemorus*), осоково-сфагновыми (*Carex rotundata*) и пушицево-сфагновыми мочажинами (*Eriophorum scheuchzeri*) центров полигонов, осоково-гипновыми и осоково-сфагновыми сообществами канав мерзлотного происхождения, разделяющих полигоны.

10. Западно-Приохотский приморский округ расположен на северо-западном побережье Пенжинской губы Охотского моря, включает территорию п-ова Елистратова (северная часть п-ова Тайгонос), низовья рр. Парень, Эпповеем, Тылхой, Шестакова. В низовьях рек – конусы выноса заняты болотами. Обширные заболоченные низины заняты осоково-пушицевыми кочкарниками, в устьях рек встречаются приморские осоковые болота и маршевые сообщества.

Евразийская таежная область.

Восточносибирская подобласть светлохвойных лесов

III. Колымская провинция горных и долинных кустарниковых лиственничников и лиственничных редколесий:

11. Пенжино-Майнинский лесотундрово-кустарниковый округ включает бассейны рр. Мургаль, Малый Мургаль, Хиузная, Кургучан, хрр. Мартьяновские Увалы, Лисьи горы, Хытычинские сопки. Болотные массивы осоково-пушицевые кочкарные мёрзлые, кустарничково-сфагновые с редкостойной лиственницей и кедровым стлаником, пойменные осоковые.

12. Верхне-Пенжинский горный округ включает верхнюю часть бассейна р. Пенжина (выше рр. Аянка и Шайбовеем), хребты Шестакова, Янранайский, Каменный Гребень, окрестности бывш. с. Верхнее Пенжино. Болотные массивы небольшие, кустарничково-сфагновые с кедровым стлаником и рединой лиственницы Каяндера, пойменные осоковые.

13. Ичигемский среднегорный округ включает Ичигемский, Ушканий, Снежный хребты, бассейны рр. Хиузная, Холоховчан. Болотные массивы: кустарничково-сфагновые с кедровым стлаником и лиственницей Каяндера, пойменные осочники.

14. Окланский среднегорный округ объединяет Окланское плато, Каменный хр., верховья и среднее течение р. Оклан. В межгорных депрессиях отмечены болотные массивы: осоково-пушицевые, кустарничково-сфагновые с кедровым стлаником.

ПРОДРОМУС СИНТАКСОНОВ ЭКОЛОГО–ФИТОЦЕНОТИЧЕСКОЙ КЛАССИФИКАЦИИ РАСТИТЕЛЬНОСТИ БОЛОТ СЕВЕРА КОРЯКСКОГО ОКРУГА

ТИП РАСТИТЕЛЬНОСТИ SPHAGNETION – ГИГРОФИТНОМОХОВОЙ

Группа формаций Sphagnetosum – сфагновая

Формация *Sphagneta fusc-angustifolii* – олиготрофносфагновая

- Ассоциация *Sphagnetum betuloso exilis-fruticulosum* – ерничково-кустарничково-сфагновая
Ассоциация *Sphagnetum caricoso lugentis-fruticulosum* – осоково-кустарничково-сфагновая с осокой траурной
Ассоциация *Sphagnetum caricoso rariflorae-fruticulosum* – осоково-кустарничково-сфагновая с осокой редкоцветной
Ассоциация *Sphagnetum eriophoros vaginati-fruticulosum* – пушицево-кустарничково-сфагновая
Ассоциация *Sphagnetum fruticulosum* – кустарничково-сфагновая
Ассоциация *Sphagnetum magno-laricosum sajanderi* – листовничково-сфагновая

Формация *Sphagneta cuspidati* – топяносфагновая

- Ассоциация *Sphagnetum caricosum rariflorae-lividae* – осоково-сфагновая
Ассоциация *Sphagnetum ranunculorum pallasii* – лютиково-сфагновая

Формация *Herbosphagneta* – травяно-сфагновая

- Ассоциация *Herbosphagnetum caricoso-calamagrostidosum purpureae* – осоково-вейниковая
Ассоциация *Herbosphagnetum caricosum lapponicae* – осоково-сфагновая с осокой лапландской
Ассоциация *Herbosphagnetum caricosum rariflorae* – осоково-сфагновая с осокой редкоцветковой
Ассоциация *Herbosphagnetum caricosum rotundatae* – осоково-сфагновая с осокой кругловатой
Ассоциация *Herbosphagnetum eriophorosum scheuchzerii* – пушицево-сфагновая с пушицей Шейхцера
Ассоциация *Herbosphagnetum menyanthosum* – вахтово-сфагновая

Группа формаций Nupnetosum – гигрофитногипновая

Формация *Nupneta* – гипновая

- Ассоциация *Nupnetum caricosum rariflorae-stantis* – осоково-гипновая
Ассоциация *Nupnetum rariherboso-drepanocladosum adunci* – редкотравно-дрепанокладусовая

ТИП РАСТИТЕЛЬНОСТИ PHRAGMITETION – ГИГРОФИТНОТРАВЯНОЙ (СИНОНИМЫ: PHORBION, PALUDINERBOSA)

Группа формаций Magnocaricetosum – гигрофитноосоковая

Формация *Magnocariceta* – крупноосочники

- Ассоциация *Magnocaricetum caricosum cryptocarcae-sphagnosum squarrosi* – крупноосочник из осоки скрытоплодной сфагновый
Ассоциация *Magnocaricetum caricosum appendiculatae* – крупноосочник из осоки придатконосной
Ассоциация *Magnocaricetum caricosum cryptocarcae* – крупноосочник из осоки скрытоплодной
Ассоциация *Magnocaricetum caricosum rostratae* – крупноосочник из осоки носатой
Ассоциация *Magnocaricetum caricosum schmidtii* – крупноосочник из осоки Шмидта
Ассоциация *Magnocaricetum caricosum vesicatae* – крупноосочник из осоки вздутой
Ассоциация *Magnocaricetum comaroso-caricosum cryptocarcae* – крупноосочник из осоки скрытоплодной сабельниковый
Ассоциация *Magnocaricetum menyanthoso-caricosum rostratae* – крупноосочник из осоки носатой вахтовый
Ассоциация *Magnocaricetum sphagnoso-caricosum rostratae* – крупноосочник из осоки носатой сфагновый

Формация *Eriophoreta polystachionis* – пушицы многоколосковой

- Ассоциация *Eriophoretum polystachionis comarosum* – сабельниково-пушицевая

Группа формаций Uliginiherbetosum – болотнотравяная

Формация *Uliginiherbeta* – болотнотравяная

- Ассоциация *Uliginiherbetum menyanthosum* – вахтово-болотнотравяная
Ассоциация *Uliginiherbetum caricosum rariflorae* – редкоцветноосоково-болотнотравяная
Ассоциация *Uliginiherbetum caricosum rotundatae* – кругловатоосоково-болотнотравяная

Группа формаций Eriophoreto vaginati – Caricetosum lugentis – пушицево-осоковая

Формация *Cariceta lugentis* – осочники из осоки траурной

- Ассоциация *Caricetum lugentis caricosum globularis* – осочник из осоки траурной и осоки шаровидной
Ассоциация *Caricetum lugentis fruticulosum* – осочник из осоки траурной кустарничковый
Ассоциация *Caricetum lugentis sphagnosum* – осочник из осоки траурной сфагновый

Формация *Eriophoreto vaginati* – *Cariceta lugentis* – пушицево-осоковая

- Ассоциация *Eriophoreto vaginati-Caricetum lugentis cladinosum* – лишайниково-осоково-пушицевая
Ассоциация *Eriophoreto vaginati-Caricetum lugentis fruticosum* – кустарничково-осоково-пушицевая (*Alnus fruticosa*, *Pinus pumila*)
Ассоциация *Eriophoreto vaginati-Caricetum lugentis fruticosum* – кустарничково-осоково-пушицевая
Ассоциация *Eriophoreto vaginati-Caricetum lugentis sphagnosum* – сфагново-осоково-пушицевая

Формация *Eriophoreta vaginati* – пушицевая

- Ассоциация *Eriophoretum vaginati fruticulosum* – кустарничково-пушицевая
Ассоциация *Eriophoretum vaginati sphagnosum* – сфагново-пушицевая

Группа формаций Nanocaricosa – мелкоосоковая

Формация *Cariceta chordorhizae* – осоки струнокоренной

- Ассоциация *Caricetum chordorhizae caricosum rariflorae* – осочник топяной

Формация *Eriophoreto scheuchzerii* – пушицы Шейхцера

- Ассоциация *Eriophoretum scheuchzerii caricosum rotundatae* – осоково-пушицевая

ТИП РАСТИТЕЛЬНОСТИ SALCETION FUSCENTIS – ГИГРОФИТНЫХ БОРЕАЛЬНЫХ КУСТАРНИЧКОВ

Формация Paludifruticuleta – болотнокустарничковая

Ассоциация Paludifruticulatum chamaemori rubosum – морошково-кустарничковая

Ассоциация Paludifruticulatum sphagnoso-caricosum globularis – сфагново-осоково-кустарничковая

ТИП РАСТИТЕЛЬНОСТИ SALCETION FUSCENTIS – ГИГРОФИТНЫЕ БОРЕАЛЬНЫЕ КУСТАРНИКИ

Формация Salceta fuscentis – ивняки из ивы темнеющей

Ассоциация Salcetum fuscentis caricosum rariflorae – осоково-ивовая с осокой редкоцветковой

Ассоциация Salcetum fuscentis caricosum schmidtii – осоково-ивовая с осокой Шмидта

Ассоциация Salcetum fuscentis sphagnosum squarrosi – сфагново-ивовая

ТИП РАСТИТЕЛЬНОСТИ PINETION PUMILAE – СУБАРКТО-БОРЕАЛЬНЫЕ ХВОЙНЫЕ СТЛАНИКИ И КУСТАРНИКИ (СИНОНИМ: PUMILIDENDROSA)

Формация Pineta pumilae – кедрового стланика

Ассоциация Pinetum pumilae fruticosum – кедровый стланик кустарничковый (на буграх крупнобугристого болота)

ТИП РАСТИТЕЛЬНОСТИ PINETION SYLVESTRIS – БОРЕАЛЬНЫЕ ХВОЙНЫЕ ЛЕСА (СИНОНИМ: ACICULIDENDROSA)

Формация Lariceta cajanderi – лиственничники из лиственницы Каяндера

Ассоциация Laricetum cajanderi sphagnosum – лиственничник сфагновый

ТИП РАСТИТЕЛЬНОСТИ CLADINETION – КУСТИСТОЛИШАЙНИКОВЫЙ

Формация Cladineta arbusculae-rangiferinae – ягельники

Ассоциация Cladinetum fruticosum – кустарничково-ягельная

На основе проведённого обобщения можно сделать вывод о том, что разнообразие растительности болот севера Корякского округа представлено семью типами растительности, диагностируемым по доминирующим экобиоморфам. Выделено 17 формаций, при этом часть из них объединяет сообщества с коллективными доминантами, что придает классификации однозначность принятия синтаксономических решений (особенно, в поле) и большую экологичность. Такими формациями являются *Sphagneta fusc-angustifolii* – преобладают олиготрофные виды сфагнов, приуроченные к кочкам и коврам с УГВ более 15 см, *Sphagneta cuspidati* (выделена М. С. Боч) – объединяет олиготрофные сообщества сфагновых топей и мочажин, обычно (но не все-

гда) с преобладанием сфагнов секции *Cuspidata*, *Herbosphagneta* – мезотрофные травяно-сфагновые сообщества, *Hypneta* – эутрофные гипновые топи и ковры, *Magnocariceta* – эутрофные крупноосочники, *Paludifruticuleta* – доминируют ерник, морошка и болотные олиготрофные кустарнички *Ledum palustre* s.l., *Vaccinium uliginosum* и др., *Cladineta* – сообщества с преобладанием одного или нескольких видов кустистых кладоний (*Cladonia arbuscula*, *C. mitis*, *C. rangiferina*, *C. stellaris*).

Разработанная классификация будет использована для картографирования пастбищ домашнего северного оленя, оценки их продуктивности, устойчивости и сезона выпаса.

Работа поддержана РФФ, грант № 23-27-00202.

Список литературы

1. Нешатаев В.Ю., Нешатаева В.Ю. Разнообразие болот Камчатского края // Материалы конф. XI Галкинские чтения». СПб: БИН РАН, 2021. С. 35-42.
2. Нешатаев В.Ю., Нешатаева В.Ю., Носкова М.Г. Растительность болот Рамсарского угодья «Парапольский дол» // Материалы конф. VIII Галкинские чтения». СПб: БИН РАН, 2017. С. 83-86.
3. Нешатаев В.Ю., Нешатаева В.Ю., Кириченко В.Е. Типы болотных массивов севера Корякского округа // Материалы конф. IX Галкинские чтения». СПб: БИН РАН, 2018. С. 168-170.
4. Нешатаева В.Ю., Нешатаев В.Ю. Ботанико-географические особенности болот Камчатского края // Растительность болот: современные проблемы классификации, картографирования, использования и охраны. Материалы III Международного научного семинара. 26-28 сентября 2018, Минск – Гродно. Минск: «Колорград», 2018. С. 92-96.
5. Нешатаева В.Ю., Нешатаев В.Ю. Географическое распространение болот Корякского округа Камчатского края // Материалы конф. X Галкинские чтения». СПб: БИН РАН, 2019. С. 144-148.
6. Нешатаева В.Ю., Нешатаев В.Ю. Осоково-пушицевые кочкарники Северо-Восточной Азии: тундры или болота? // Растительность болот: современные проблемы классификации, картографирования, использования и охраны. Материалы III Международного научного семинара. 26-28 сентября 2018, Минск – Витебск. Минск: «Колорград», 2021. С. 70-73.
7. Нешатаева В.Ю., Нешатаев В.Ю., Кириченко В.Е. Растительный покров территории Северной Корьяки (Камчатский край) и ее геоботаническое районирование // Вестник Санкт-Петербургского университета. Науки о Земле. 2020. Т. 65. Вып. 2. С. 395-416.
8. Цинзерлинг Ю.Д. Очерк растительности болот по среднему течению р. Печоры // Известия Главного ботанического сада, Л., 1929, Т. 28. Вып. 1-2. С. 95-128.

ВЛИЯНИЕ ОТДЕЛЬНЫХ ФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ ГРУПП МИКРООРГАНИЗМОВ НА БИОЛОГИЧЕСКУЮ ДОСТУПНОСТЬ РАДИОАКТИВНЫХ ИЗОТОПОВ ЦЕЗИЯ В ТОРФЯНИСТО-ГЛЕЕВОЙ ПОЧВЕ

А.Н. Никитин¹, Е.А. Танкевич², И.И. Концевая³, Ю.К. Симончик²

¹Институт микробиологии НАН Беларуси, Минск, Беларусь, nikitinale@gmail.com.

²Институт радиобиологии НАН Беларуси, Гомель, Беларусь, elena.tankevich1991@gmail.com.

³Гомельский государственный университет имени Ф. Скорины, Гомель, Беларусь.

Представлены результаты эксперимента по оценке влияния агрономически ценных групп почвенных микроорганизмов на изменение содержания ¹³⁷Cs в растворимой и ионообменной формах в торфянисто-глеевой почве. Показано, что большинство групп микроорганизмов приводят к усилению выхода радиоизотопа в растворимую форму, что должно увеличивать интенсивность его корневого поглощения растениями. Наиболее сильное увеличение выхода ¹³⁷Cs в растворимую форму происходит при развитии в торфянисто-глеевой почве фосфатмобилизирующих и олигонитрофильных бактерий. Последняя группа снижает содержание радионуклида в ионообменной форме.

Работа предприятий ядерного энергетического цикла приводит к попаданию в окружающую среду радиоактивных изотопов цезия (¹³⁴Cs, ¹³⁵Cs, ¹³⁷Cs). Незначительные выбросы радиоизотопов происходят при штатной работе предприятий. При авариях на предприятиях могут происходить масштабные локальные и региональные загрязнения экосистем и глобальное распространение загрязнения, но при существенно более низких концентрациях радиоизотопов в почвах и других объектах окружающей среды. Значительные активности радиоактивных изотопов Cs накапливаются в хранилищах радиоактивных изотопов, где они должны храниться тысячелетиями. Среди всех изотопов в этом аспекте следует обратить внимание на ¹³⁵Cs со значительным выходом в ядерных реакциях распада изотопов U и периодом полураспада 2,3 млн. лет. В долгосрочной перспективе нельзя исключать выход радиоизотопов из хранилищ отходов и попадание в биогеохимические циклы.

Растения поглощают Cs из почвенного раствора, в связи с этим показателем биологической доступности его радиоактивных изотопов является их распределение между твердой фазой почвы и почвенным раствором. Отношение концентрации радиоизотопа в твердой фазе к концентрации в растворе обозначается коэффициентом распределения (K_d).

Cs относится к редким элементам и его обычное содержание в почвах составляет порядка 5 мг/кг. Относясь к щелочным металлам, он обладает высокой растворимостью. Однако в почвах минерального происхождения имеются участки специфической сорбции данного элемента, сильно ограничивающие его биологическую доступность. Эти участки расположены на краевых расширениях межпакетных пространств слоистых глинистых минералов со структурой 2:1. В меньшей степени Cs сорбируется на поверхности оксидов железа, марганца и алюминия, а также на органических макромолекулах.

В почвах органического происхождения, где глинистые минералы присутствуют в минимальных количествах, подвижность и биологическая доступность Cs обычно существенно выше. Местами сорбции Cs на органических молекулах являются карбоксильные, а также гидроксильные группы спиртов и фенолов. Сорбция Cs этими функциональными группами связана с их депротонированием, а в случае низкой pH

данный процесс происходит менее активно. Вследствие этого в кислых торфяниках элемент обладает особенно высокой биологической доступностью.

Микроорганизмы являются неотъемлемым компонентом почв, играющим существенную роль в сорбции и десорбции элементов. На поверхности микроорганизмов имеются различные функциональные группы, которые могут сорбировать Cs (карбоксильные, фосфатные, фосфоэфирные, гидроксильные группы). Явление биосорбции заключается в концентрировании элемента внутри клетки. В ряде экспериментов показано, что сульфат-восстанавливающие, а также железо-восстанавливающие бактерии способны к аккумуляции Cs [1]. Еще одним механизмом ограничения подвижности Cs микроорганизмами может быть выделение различных веществ, обладающих сорбирующими свойствами. В частности, изотлят *Pseudomonas fluorescens* выделяет экзополимер, удаляющий Cs из водного раствора [2].

Торфяные почвы отличаются существенно более низкой способностью к сорбции следовых количеств Cs по сравнению с почвами минерального происхождения [3]. Коэффициент распределения между твердой фазой и почвенным раствором составляет порядка 500 л/кг и уменьшается на порядок при увеличении концентрации Na, Ca и H⁺ в растворе до 0,1 М. Наиболее сильное влияние на коэффициент распределения оказывает наличие глинистых минералов в почве. В экспериментах [4] показано, что сорбция свежедобавленного Cs образцами торфа из 7-метрового профиля верхового болота увеличивается с 50 до 3200 л/кг от верхних слоев к нижним. При этом нижний слой является подстилающей породой с высоким содержанием глинистой фракции и нейтральной и слабощелочной средой. Анализ коэффициента распределения стабильного изотопа цезия (¹³³Cs) в верхних слоях торфа того же болота показал существенно более высокую величину (9040 л/кг). На важную роль микробиологического фактора указывает то, что стерилизация торфа уменьшает сорбцию радиоактивных изотопов Cs на 38%. Из образцов торфа были изолированы культуры бактерий родов *Pseudomonas*, *Paenibacillus*, *Rhodococcus* и *Burkholderia*. При их добавлении в раствор, содержащий Cs, концентрация элемента в нем уменьшалась. Наиболее высокой способностью к биосорбции Cs отличались изотляты бактерий, относящихся к родам *Paenibacillus* и *Pseudomonas*. При внесении этих культур в стерилизо-

ванный торф сорбция им Cs увеличилась на 50%. Результаты последнего эксперимента указывают на то, что микробиологическая активность может существенным образом влиять на биологическую доступность радиоактивных изотопов Cs в почвах органического происхождения или с высоким содержанием органического вещества.

Результатом катастрофы на Чернобыльской АЭС стало загрязнение техногенными радионуклидами обширных территорий. Наиболее высокие уровни загрязнения сформировались в радиусе нескольких десятков километров вокруг эпицентра аварии. В настоящее время радиоэкологическую обстановку здесь определяют долгоживущие радионуклиды ^{137}Cs , ^{90}Sr , $^{238, 239, 240, 241}\text{Pu}$, ^{241}Am . В силу физических свойств Cs, радиоактивные изотопы этого элемента распространились на обширных территориях, выходящих далеко за пределы зоны отчуждения. Следует отметить, что значительная часть Полесья оказалась загрязнена ^{137}Cs . Как уже было сказано выше, в почвах органического происхождения его биологическая доступность значительно выше, чем на почвах минерального происхождения. Вследствие этого тяжесть радиационной аварии в регионах с большой долей торфяных почв в земельном фонде существенно возрастает.

Информация о закономерностях поведения радионуклидов в естественных экосистемах и агроэкосистемах важна для обеспечения радиационной безопасности населения и биоты на пострадавших территориях. В связи с этим целесообразным является выявление факторов, способствующих повышению или понижению биологической доступности радионуклидов в почвах различных типов. Отличительной особенностью почв органического происхождения является на этапе отдаленных последствий выбросов радиоактивных веществ в окружающую среду является включение радиоизотопов в состав органического вещества, что определяет особенности их поведения и изменения параметров накопления растениями под воздействием различных факторов. Одним из факторов, влияющим на поведение ^{137}Cs в системе «почва-растение», который изучен до настоящего времени в недостаточной степени, является активность почвенных микроорганизмов, способных как повышать, так и снижать интенсивность корневого потребления радионуклида. Опираясь на вышесказанную была поставлена цель исследовать роль различных физиологических групп микроорганизмов на биологическую доступность ^{137}Cs в торфянисто-глеевой почве на территории с высоким уровнем радиоактивного загрязнения.

Объектом настоящего исследования являлись основные физиологические группы почвенных микроорганизмов и образцы торфянисто-глеевой почвы, отобранные в зоне отчуждения Чернобыльской АЭС.

Отбор образца верхнего 10-см слоя почвы проводили вблизи бывшего населенного пункта Масаны (Полесский государственный радиационный экологический заповедник) в деградированном вследствие резкого изменения гидрологического режима березняке осоково-травяном. с примесью ольхи, крушины и единичными экземплярами дуба. Объемный вес почвы $0,70 \text{ г/см}^3$, степень разложения органического вещества — высокая. Удельная активность ^{137}Cs в почве —

$20,4 \pm 1,2 \text{ кБк/кг}$, мощность экспозиционной дозы на поверхности почвы — $9,60 \pm 0,96 \text{ мкЗв/ч}$. Перед экспериментом почву стерилизовали путем автоклавирования при температуре 127°C и давлении 1,5 атм. в течение 45 минут.

Для оценки влияния основных физиологических групп почвенных микроорганизмов на изменение биологической доступности техногенных радионуклидов использовали 9 культур почвенных микроорганизмов, ранее выделенных в результате посевов на агаризованных питательных средах, предназначенных для культивирования агрономически ценных групп микроорганизмов:

- 1) Аммонифицирующие протеолитические бактерии;
- 2) Общий комплекс культивируемых бактерий;
- 3) Микроорганизмы, усваивающие минеральный азот (азотфиксирующие);
- 4) Олигонитрофильные микроорганизмы;
- 5) Фосфатмобилизующие микроорганизмы;
- 6) Спорообразующие аммонифакторы;
- 7) Автохтонные олиготрофы;
- 8) Целлюлозоразрушающие аэробные;
- 9) Олигокарбофильные микроорганизмы.

Суспензии почвенных микроорганизмов готовили на основе мясо-пептонного бульона (МПБ). При этом в агаризованный мясо-пептонный бульон стерильной микробиологической петлей из чашек Петри вносили каждую из выделенных групп почвенных микроорганизмов, тем самым получили 9 готовых суспензий. Мутность готовых сред доводили до стандарта ВВЛ (стандарту мутности №0.5 по МакФарланду) — при длине волны 625 нм оптическая плотность суспензий составляла 0,08-0,10.

Каждый из вариантов опыта выполнялся в пятикратной повторности. Стерильные пластиковые пробирки объемом 50 мл заполняли сухой почвой при помощи стерильного цилиндра, вносили по 15 мл готовой суспензии соответствующей группы микроорганизмов. В контрольные образцы вносили по 15 мл мясо-пептонного бульона, без добавления микроорганизмов. Пластиковые пробирки закрывали крышками, для дополнительной аэрации в крышках были сделаны небольшие отверстия, которые на время эксперимента были закрыты стерильной гигроскопической ватой. Через 15 дней после закладки эксперимента в каждую емкость вносили по 5 мл стерилизованной воды, чтобы не допустить пересыхания почвенных образцов. Продолжительность экспозиции торфяной почвы с микроорганизмами составила 1 календарный месяц.

Для изучения влияния каждой из физиологических групп почвенных микроорганизмов на изменение биологической доступности ^{137}Cs определяли содержание его в растворимой и ионообменной формах.

Водорастворимая форма выделялась посредством экстракции в дистиллированной воде. Образец почвы 20 г помещался в 200 мл дистиллированной воды. Суспензия взбалтывается при комнатной температуре на протяжении 24 ч. Экстракт отделялся от почвы фильтрованием. Почва промывалась на фильтровальной бумаге 200 мл дистиллированной воды. Жидкая фаза помещалась в сосуд емкостью 100 мл для измерения на γ-спектрометре.

Ионообменная форма выделялась посредством экстракции в растворе ацетата аммония. Твердая фаза с предыдущего шага помещалась в 200 мл 1 М раствора ацетата аммония с pH доведенной до 7,0. Суспензия взбалтывалась при комнатной температуре на протяжении 24 ч. Экстракт отделяется от почвы фильтрованием. Почва промывалась 200 мл дистиллированной воды. Жидкая фаза помещалась в сосуд емкостью 100 мл для измерения на γ -спектрометре.

Измерения на гамма-спектрометрическом комплексе CANBERRA Packard с коаксиальным полупроводниковым детектором Ge(Li) расширенного энергетического диапазона проводились в соответствии с принятыми методическими рекомендациями. Относительная ошибка измерения удельной активности ^{137}Cs в пробах составляла от 5 до 10% в зависимости от активности образца.

Результаты экспериментов показали, что развитие в торфянисто-глеевой почве таких групп микроорганизмов, как целлюлозоразрушающие аэробы, автохтонные олиготрофы, азотфиксирующие, олигонитрофильные, фосфатмобилизующие, спорообразующие аммонификаторы концентрация ^{137}Cs в водорастворимой форме увеличивается в 4,3–6,8 раз (таблица).

В ионообменной форме удельная активность ^{137}Cs существенно снизилась при внесении в стерильную торфянисто-глеевую почву общего комплекса культивируемых бактерий (на 39,3%), олигонитрофильных микроорганизмов (на 36,4%), и целлюлозоразрушающих микроорганизмов (на 31,8%). Ни одна из исследованных физиологических групп микроорганизмов не вызвала повышение содержания в почве ионообменной формы ^{137}Cs .

Растворимая и ионообменная формы ^{137}Cs являются наиболее доступными для корневого поглощения растениями. Их суммарное содержание практически во всех вариантах опыта увеличилось по сравнению с контролем: аммонифицирующие микроорганизмы повысили данный показатель на 62,2%, олигокарбофильные – в 1,5 раза, целлюлозоразрушающие аэробные – в 2,5 раза, автохтонные олиготрофы – в 3,3 раза, олигонитрофильные – в 3,4 раза, азотфиксирующие – в 3,6 раза,

спорообразующие аммонификаторы – в 3,7 раз, фосфатмобилизующие – в 4 раза. Достоверные различия по сравнению с контролем наблюдались во всех вышеперечисленных опытных вариантах. Данный факт может объясняться высвобождением ^{137}Cs сорбированного в органических остатках при их разложении почвенными микроорганизмами. Практически все исследуемые группы микроорганизмов участвуют в разрушении органического вещества торфяной почвы. Одновременно с этим, уменьшение концентрации функциональных групп при разложении органического вещества может объяснить снижение доли радионуклида в ионообменной форме при развитии в почве олигонитрофильных и целлюлозоразрушающих аэробных микроорганизмов, а также полного комплекса культивируемых микроорганизмов.

Полученные результаты отличаются от экспериментов с внесением изотопов Cs в почвы или почвенные субстраты с высоким содержанием органического вещества. Принципиальное отличие нашего эксперимента с ними состоит в том, что в данном случае ^{137}Cs за 35 лет после выпадения вошел в биогеохимический цикл. В составе отмирающего органического вещества он принял участие в формировании торфянистой почвы. Причем, ^{137}Cs в составе органического материала остается практически недоступным для корневого поглощения растениями. Повышение активности большинства отобранных физиологических групп почвенных микроорганизмов приводит к разрушению органического вещества и высвобождению из него радионуклида.

Полученные результаты следует учитывать при прогнозировании последствий изменения температурного гидрологического режима вследствие изменения погодно-климатических условий. Снижение уровня грунтовых вод и более высокие температуры способствуют развитию почвенных микроорганизмов. На загрязненных радионуклидами территориях это может привести к мобилизации радионуклидов, их возврату в биологический круговорот и повышению уровней радиационного воздействия на объекты биоты. В случае включения данных территорий в хозяйственный оборот может увеличиться поток техногенных радионуклидов в пищевые цепочки человека.

Таблица – Оценка влияния почвенных микроорганизмов различных физиологических групп на содержание растворимой и ионообменной формы ^{137}Cs в торфянисто-глеевой почве

Варианты опыта	Водорастворимая форма ^{137}Cs , Бк/кг	Ионообменная форма ^{137}Cs , Бк/кг
Контроль	46,1±13,1	30,0±7,3
Аммонифицирующие	92,1±34,1**	31,5±11,7
Общий комплекс культивируемых бактерий	48,6±27,5	18,2±6,7**
Азотфиксирующие микроорганизмы	313,4±117,5**	37,7±17,1
Олигонитрофильные	316,9±242,5**	19,1±6,5**
Фосфатмобилизующие	362,0±142,2**	28,6±11,8
Спорообразующие аммонификаторы	337,6±174,3**	23,8±12,1
Автохтонные олиготрофы	299,5±103,7**	28,2±14,0
Целлюлозоразрушающие аэробные	247,3±127,6**	20,5±7,5*
Олигокарбофильные	156,0±84,0**	35,5±28,0

Примечание: значимые различия с контролем отмечены * — $p < 0,05$, ** — $p < 0,01$.

Список литературы

1. Ngwenya N., Chirwa E.M.N. Single and binary component sorption of the fission products Sr²⁺, Cs⁺ and Co²⁺ from aqueous solutions onto sulphate reducing bacteria // Minerals Engineering. – 2010. – Vol. 23, No. 6. – P. 463-470.
2. Mao Y., Hu H., Yan Y. Biosorption of cesium(I) from aqueous solution by a novel exopolymers secreted from Pseudomonas fluorescens C-2: Equilibrium and kinetic studies // Journal of Environmental Sciences. – 2011. – Vol. 23, No. 7. – P. 1104–1112.

3. Dyer A., Chow J.K.K. The uptake of radioisotopes onto clays and other natural materials: II. Cesium, strontium and ruthenium onto soils and peat // Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry. – 1999. – Vol. 242, No. 2. – P. 321–328.

4. Lusa M., Bomberg M., Virtanen S. et al. Factors affecting the sorption of cesium in a nutrient-poor boreal bog // Journal of Environmental Radioactivity. – 2015. – Vol. 147. – P. 22–32.

ЭВОЛЮЦИЯ И ГЕНЕЗИС ПОЛИГОНАЛЬНЫХ ТОРФЯНИКОВ КРИОЛИТОЗОНЫ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

А.В. Пастухов^{1,2,3}, Д.А. Каверин^{1,3}, Т.И. Марченко-Вагапова⁴,
С.В. Лойко², С.В. Якубенко³, В.В. Мансуров³

¹Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, Сыктывкар, Россия, directorat@ib.komisc.ru

²Национальный исследовательский Томский государственный университет, Томск, Россия, rector@tsu.ru

³Сыктывкарский Государственный Университет имени Питирима Сорокина, Сыктывкар, Россия, rector@syktsu.ru

⁴Институт геологии Коми НЦ УрО РАН, Сыктывкар, Россия, institute@geo.komisc.ru

Интенсивное торфонакопление на современном южном пределе сплошного распространения многолетнемерзлых пород началось в раннем голоцене около 9800 лет назад. В настоящее время при антропогенных нарушениях, в частности при изменении естественного гидрологического режима в результате строительства линейных объектов происходит быстрая деградация верхней кровли многолетнемерзлых пород, и изменения болотных систем могут стать необратимыми.

Западная Сибирь отличается феноменальным заболачиванием, имеющим не только региональное, но и мировое значение. При этом в тундре достаточно распространены полигонально-валиковые торфяники с мощностью торфяной залежи от 2 до 5 и более метров [2, 8].

В отличие от тундры северо-востока европейской России, где как в климатические оптимумы атлантического и суббореального периодов голоцена, так и в настоящее время происходит протаивание многолетнемерзлых пород (ММП) вследствие потепления [7], в тундровой зоне Западной Сибири даже максимальное потепление происходило в пределах отрицательных среднегодовых почвенных температур и не приводило к таянию ММП с поверхности [5]. Однако в последнее время происходит активизация процессов вытаивания подземных жильных льдов (ПЖЛ) и разрушения почвенно-геокриологических комплексов полигональных торфяников [1]. Торфяники являются наиболее стабильными с позиций температурного состояния многолетнемерзлых пород, однако большое содержание ПЖЛ в составе их почвенно-геокриологических комплексов делает их весьма уязвимыми при антропогенных воздействиях.

Цель настоящей работы – характеристика эволюции и современного состояния полигональных торфяников, на южном пределе сплошного распространения многолетнемерзлых пород Западной Сибири, а также анализ их уязвимости к антропогенному воздействию.

Исследуемая территория расположена на северо-востоке Пур-Тазовского междуречья в 5 км к западу от с. Газ-Сале Тазовского района ЯНАО (рисунок).

Район исследований расположен в подзоне преимущественно сплошного распространения многолетнемерзлых пород мощностью от 400–450 до 250–300 м на широте Полярного круга. Сквозные талики находятся только под руслами крупных рек и глубокими озерами. Верхние горизонты ММП характеризуются низкими

температурами – от -3 до -7°C и значительным распространением толщ сингенетических осадков с объемной льдистостью до 40–60% по всему разрезу, часто в виде мощных льдогрунтовых жил [3].

Объектом исследований является полигональный торфяник, расположенный в хасырее III озерно-аллювиальной равнины на северо-востоке Пур-Тазовского междуречья и пересекаемый насыпной автодорогой с бетонным покрытием Тазовский – Газ-Сале. Данная дорога была построена в 2006 г. и, несмотря на наличие водопропускных труб, сильно изменила гидрологический режим рассматриваемой болотной системы, что привело к интенсивной деградации ММП, в частности к вытаиванию межполигональных ледяных жил.

По общепринятым методикам были выполнены геоботанические описания, заложены почвенные профили с последующим отбором проб почвенных горизонтов. Были проанализированы ботанический состав и палинологические спектры торфа, осуществлено радиоуглеродное датирование. Глубины залегания кровли ММП и границы литологических контактов полигонального торфяника определяли методом георадиолокационного зондирования георадаром «Zond-12E» (Radar Systems, Inc., Рига, Латвия) с подключенной к нему поверхностной экранированной антенной частотой 300 МГц [6].

Исследуемый торфяник является частью трещиноватого выпуклополигонального, кустарничково-лишайникового на полигонах и кустарничково-сфагнового в межполигональных понижениях болота, с двух сторон ограниченного термокарстовыми озерами. На болоте представлены полигоны, которые находятся на различных стадиях своего развития и занимают от 80 до 90% и более общей площади от 10 до 40 м в поперечнике. В нативном состоянии полигональный торфяник почти плоский с поверхности. Превышение полигонов над понижениями, представляющими собой трещины, составляет не более 0,5 м. На полигонах распро-

странены полидоминантные кустарничково-лишайниковые и кустарничково-багульниковые-лишайниковые фитоценозы. Доля оголенных торфяных пятен незначительна, менее 1% площади.

В результате строительства и эксплуатации насыпной автомобильной дороги с цементно-бетонным покрытием резко изменился гидрологический режим торфяника, начались процессы термоэрозии и термокарста в результате вытаивания ледяных жил в трещинах. При этом борта полигонов обваливаются, и образуются останцовые бугры. Высота таких полигональных «бугров» относительно дна трещин может превышать 3,5 м.

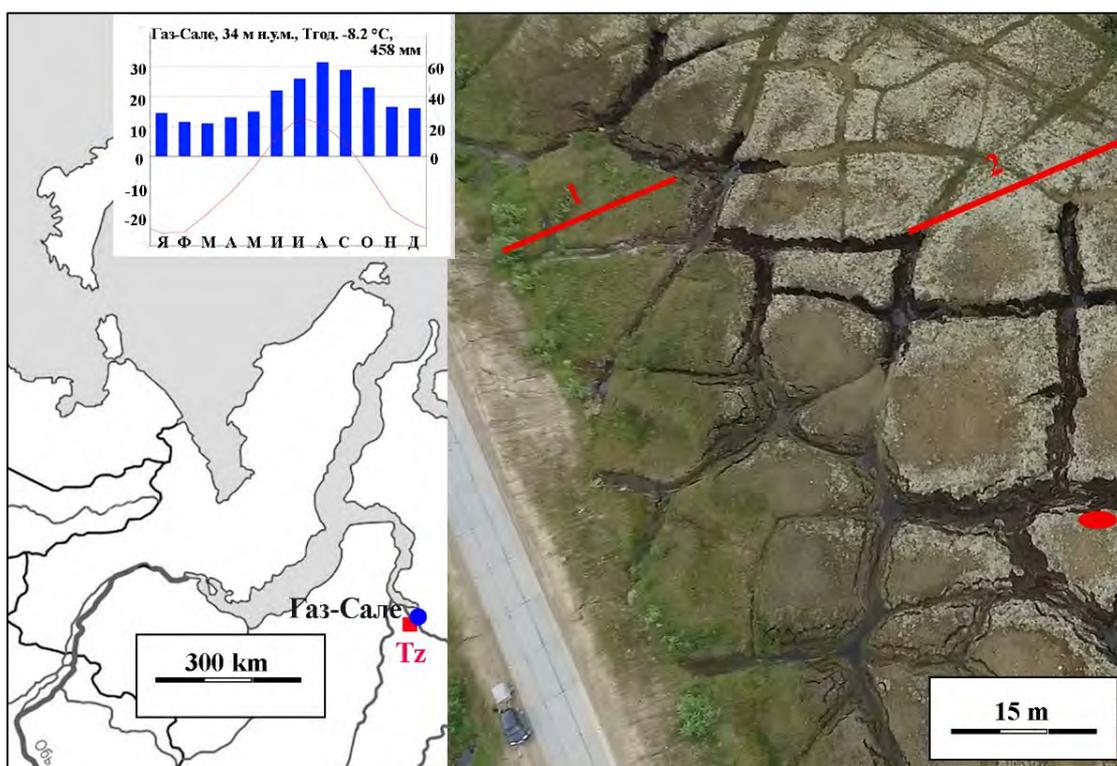
В современное потепление климата растительный покров многолетнемерзлых торфяников препятствует оттаиванию ММП. Основным показателем, характеризующим устойчивость болот, является средний многолетний уровень болотных вод, а для мерзлых болот криолитозоны еще и мощность деятельного слоя, равная среднемуголетней глубине сезонного оттаивания торфяной залежи [4]. Поскольку уровни воды на болотах находятся вблизи дневной поверхности, то любые линейные объекты, возводимые на болотах, вносят изменения в механизм стока болотных вод. Поэтому строительство дороги способствовало подтоплению участка болота, что привело к изменению гидротермического режима, растительного покрова, повышению температуры верхнего горизонта ММП и деградации почвенно-геокриологического комплекса. Таким образом, техногенные нагрузки превысили потенциальную устойчивость изучаемого торфяника как болотной системы, и поэтому

Работа выполнена в рамках проекта РНФ 24-27-00056 «Уязвимость многолетнемерзлых торфяников в результате строительства линейных объектов в условиях современного климатического потепления в Арктике: оценка экономических и необратимых природных рисков».

могут возникнуть необратимые процессы распада этой системы как природного образования.

Анализ результатов георадиолокационных исследований показывает, что зона отепляющего влияния дороги в результате изменения гидрологического режима торфяника уже превышает 50 м. Наиболее значительное понижение кровли ММП (до 2-3 м) наблюдается непосредственно в подошве склона дорожной насыпи, сложенной насыпными песчано-супесчаными грунтами. Основными причинами опускания кровли ММП является трансформация естественных условий функционирования экосистемы полигонального торфяника. В придорожных понижениях создаются благоприятные условия для заболачивания, произрастания крупнокустарничковой растительности и снегонакопления [6]. Сочетание данных факторов активизирует термокарстовые процессы и способствует значительному опусканию многолетнемерзлой кровли в зоне влияния дороги.

В связи с этим необходимо обратить внимание на защиту и сохранение многолетнемерзлых торфяников, а при строительстве инфраструктурных объектов применять концепцию экосистемных услуг к использованию торфяников. При проектировании и прокладке линейных объектов необходимо обустройство достаточных водопропускных отверстий, чтобы сохранять естественный уровеньный режим болотных вод. Мерами по предотвращению, снижению негативных последствий на линейных сооружениях являются составление сеток линий стекания болотных вод; определение мест размещения и расчет размеров водопропускных отверстий.



Ежемесячные температуры и суммы осадков взяты из климатической базы данных <https://ru.climate-data.org/> Красными линиями обозначены георадиолокационные профили 1 и 2, красным овалом – исследуемый разрез. Съемка участка исследования произведена с дрона Phantom IV E. Истигичевым.

Рисунок – Местоположение района исследований

Список литературы

1. Бабкин Е.М., Хомутов А.В., Дворников Ю.А. и др. Изменение рельефа торфяника с вытаивающим полигонально-жильным льдом в северной части Пур-Тазовского междуречья // Проблемы региональной экологии. № 4. 2018. С. 115–119. doi: 10.24411/1728-323X-2018-14115.
2. Васильчук Ю.К., Васильчук А.К. Мощные полигональные торфяники в зоне сплошного распространения многолетнемерзлых пород западной Сибири // Криосфера Земли. Т. XX. № 4. 2016. С. 3–15. doi: 10.21782/KZ1560-7496-2016-4(3-15).
3. Геоэкологическая карта СССР, масштаб 1:2,5 млн. / отв. ред. Е.Д. Ершова, К.А. Кондратьева. М., Мин. геологии СССР и МГУ, 1998.
4. Гидрология заболоченных территорий зоны многолетней мерзлоты Западной Сибири / под. ред. С.М. Новикова. СПб.: ВВМ, 2009. 536 с.
5. Инишева Л.И., Кобак К.И., Турчинович И.Е. Развитие процесса заболачивания и скорость аккумуляции углерода в болотных экосистемах России // География и природные ресурсы. № 3. 2013. С. 60–68.
6. Каверин Д.А., Хилько А.В., Пастухов А.В. Высококачественное георадиолокационное зондирование почвогрунтов многолетнемерзлых бугристых болот (европейский Северо-Восток России) // Криосфера Земли. Т. XXII. № 4. 2018. С. 86–95. doi: 10.21782/KZ1560-7496-2018-4(86-95).
7. Пастухов А.В., Марченко-Вагапова Т.И., Каверин Д.А. и др. Динамика развития бугристых торфяников на южной границе Восточно-Европейской криолитозоны // Почвоведение. № 5. 2017. С. 544–557. doi: 10.7868/S0032180X17030091.
8. Pastukhov A., Marchenko-Vagapova T., Loiko S., Kaverin D. Vulnerability of the ancient permafrost peatlands in Western Siberia // Plants. 10. 2021. P. 2813. doi: 10.3390/plants10122813.

EUNOTIA SUBARCUATOIDES – НОВЫЙ ВИД ДИАТОМОВЫХ ВОДОРΟΣЛЕЙ ДЛЯ АЛЬГОФЛОРЫ БЕЛАРУСИ

В.Н. Петров

Институт экспериментальной ботаники НАН Беларуси, Минск, Беларусь, petrov.vl@tut.by

В работе приводятся краткие сведения о новом для альгофлоры Беларуси виде диатомовых водорослей – Eunotia subarcuatoidea. Дается его современное систематическое положение и описание створок в световой микроскоп. Текст включает в себя информацию о видовом разнообразии рода Eunotia Ehrenberg и экологических предпочтениях его представителей.

Несмотря на то, что почти 250 лет назад была опубликована работа, включающая в себя первые сведения о находках отдельных представителей альгофлоры, приуроченных к современной территории Республики Беларусь, вопрос изучения видового разнообразия водорослей страны остается актуальным и по сей день [7, 11]. В настоящей работе приводится описание находок нового для альгофлоры Беларуси, но достаточно распространенного в кислых водах, вида диатомовых водорослей – *Eunotia subarcuatoidea*.

Пробы бентоса, послужившие материалом для нашей работы, были собраны в 2018–2020 гг. на территории 3 верховых болот Витебской области: «Ельня», «Болото Мох» (БМ), «Корытский мох» (таблица). Одновременно с отбором проб производился замер гидрохимических показателей воды. Камеральная об-

работка материала проводилась согласно общепринятым методам [3, 6]. Идентификацию видов осуществляли с использованием современных определителей и статей [10, 12].

Род *Eunotia* Ehrenberg – один из крупнейших среди диатомовых водорослей [4]. На сегодняшний день он объединяет в себе 713 видов, 287 разновидностей, 89 форм, 4 подвида [9]. Представители рода распространены на всех континентах, являются типичными обитателями пресноводных экосистем. Предпочитают в основном дистрофные и олиготрофные воды торфяников и сфагновых болот, а также воды, вытекающие из этих водоёмов [4].

С учетом находки, описанной в данной работе, род *Eunotia* в Республике Беларусь включает в себя 71 таксон рангом ниже рода [2, 5, 8, 13].

Таблица – Список проб и некоторые лимнологические характеристики озер

№	Название озера	Название болота	Дата сбора	pH	μS cm ⁻¹	Глубина в месте отбора пробы, м	Прозрачность воды, м	Площадь озера, км ²
1	Белое	Ельня	13.06.2018	4,34	36,1	1,5	1,3	0,67
2	Большое	Ельня	25.07.2018	4,05	34,8	0,8	1,2	0,09
3	Глубокое	Ельня	07.08.2018	3,41	21,2	0,6	0,8	0,03
4	Долгое	Ельня	24.07.2018	4,41	28,2	1,5	0,7	0,15
5	Ельня	Ельня	06.08.2018	4,71	22,3	1,5	0,5	5,42
6	Жучино	Ельня	07.08.2018	4,08	27,3	0,8	1,0	0,03
7	Лебединое	Ельня	13.06.2018	3,56	24,5	1,8	1,0	0,61
8	Скно	Ельня	16.05.2018	6,40	49,4	1,8	0,6	0,05
9	Черное	Болото Мох	10.06.2019	3,60	-	4,1	1,0	0,03
10	Черное	Ельня	06.08.2018	4,65	17,3	1,5	0,8	0,70
11	Чистик	Корытский Мох	26.08.2020	4,90	14,1	2,0	0,8	0,04
12	Яжгиня	Ельня	07.08.2018	4,65	20,6	1,5	1,3	0,30

Впервые для науки *E. subarcuatoides* была описана в 1991 г. из образцов обрастаний, собранных с камней, расположенных рядом с метеостанцией на водохранилище Кляйне Кинциг (Kleine Kinzig), в горном массиве Шварцвальд (Schwarzwald) юго-западной части Германии. [10]. К сегодняшнему дню известно о находках этого вида в Арктике, странах Северной, Центральной, Западной и Южной Европы, Северной и Южной Америки, Африки (Нигерия), Азии (Япония) [9]. Ранее считался индикатором антропогенно закисленных вод [10].

Современное систематическое положение вида [9]:

Царство *Chromista* Cavalier-Smith

Тип *Heterokontophyta* Moestrup, R.A. Andersen & Guiry

Подтип *Bacillariophytina* Medlin & Kaczmarska

Класс *Bacillariophyceae* Haeckel

Порядок *Eunotiales* P.C. Silva

Семейство *Eunotiaceae* Kützing

Род *Eunotia* Ehrenberg

Вид *Eunotia subarcuatoides*

Alles, Nörpel & Lange-Bertalot

Створки дорсивентральные. У более мелких и средних экземпляров дорсальная сторона сильно выпуклая, вентральная слабо вогнутая или прямая. Концы не оттянуты. У длинных экземпляров вентральная сторона более вогнутая, параллельные края встречаются редко. Концы могут быть слегка удлинёнными [10, 12]. Длина створок у *E. subarcuatoides* в наших препаратах была в пределах 6,5–16 мкм, ширина 3–3,5, количество штрихов в 10 мкм 18–22 (рисунок).

В Беларуси *E. subarcuatoides* была выявлена нами в бентосе 12 дистрофных озер (см. таблицу). Относительная численность створок лишь в одном из препаратов достигла показателей доминирующих таксонов (оз. Белое – 11,4%). В шести препаратах (Долгое, Скно, Жучино, Лебедино, Яжгиня, Чистик) *E. subarcuatoides* была отмечена процентным соотношением единично встречающихся таксонов (<1%), а в пяти – сопутствующих (Черное (Болото мох), Большое, Ельня, Черное (Ельня), Глубокое) с процентным участием в пределах 2,3–4,7%.

Описанные находки подтверждают необходимость изучения водных объектов Беларуси с целью инвентаризации обитающих в них видов водорослей.

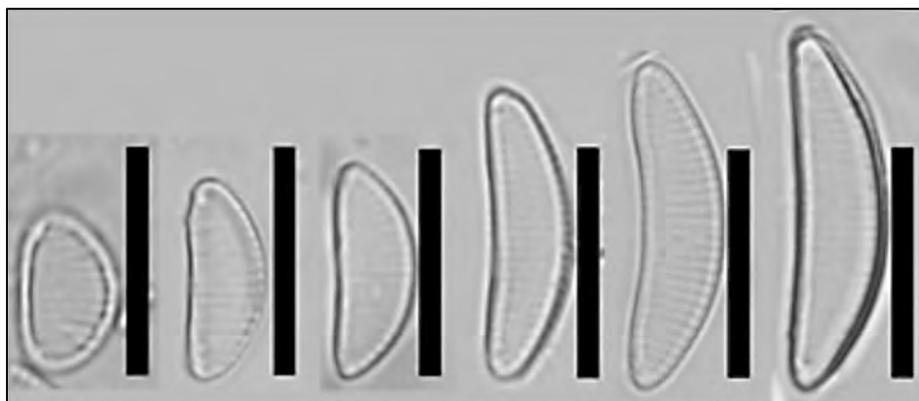


Рисунок – Диапазон изменчивости створок *Eunotia subarcuatoides* в наших препаратах

Список литературы

1. Водоросли планктона водоемов и водотоков Национального парка «Припятский» / Т.М. Михеева [и др.]; под ред. Т.М. Михеевой. – Минск: Право и экономика, 2016. – 325 с.
2. Диатомовые водоросли планктона реки Свислочь и ее водохранилищ / С.И. Генкал [и др.]. – М.: Научный мир, 2013. – 236 с.
3. Диатомовые водоросли СССР. Ископаемые и современные / З.И. Глезер [и др.]. – Л.: Наука, 1974. – Т. 1. – 403 с.
4. Куликовский, М.С. Новые для Беларуси виды диатомовых водорослей / М.С. Куликовский, С.И. Генкал, Т.М. Михеева. // Природные ресурсы – 2009. – № 2. – С. 40–45.
5. Михеева, Т. М. Альгофлора Беларуси. Таксономический каталог / Т.М. Михеева. – Минск: Изд-во БГУ, 1999. – 396 с.
6. Определитель диатомовых водорослей России / М.С. Куликовский [и др.]. – Ярославль: Филигрань, 2016. – 804 с.
7. Петров, В.Н. Таксономическая и эколого-географическая структура комплексов диатомовых водорослей бентоса дистрофных озер Белорусского Поозерья / В.Н. Петров // Ботаника (исследования): сб. науч. тр. – Минск, 2024. – Вып. 53. – С. 11–28.
8. Хурсевич, Г.К. Инвентаризация видового состава диатомовых водорослей семейства *Symbellaceae* Greville из современных водоемов Беларуси / Г.К. Хурсевич, А.А. Свирид, В.С. Ровная // Вопросы современной альгологии. – 2015. – №3. (10). – С. 33.
9. AlgaeBase [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.algaebase.org>. – Дата доступа: 31.05.2024.
10. Alles, E. Zur Systematik und Ökologie charakteristischer Eunotia-Arten (Bacillariophyceae) in elektrolytarmen Bachoberläufen. / E. Alles, M. Nörpel-Schempp, H. Lange-Bertalot // Nova Hedwigia. – 1991. – № 53 (1–2). – P. 171–213.
11. Gilibert, J. E. Flora Lithuanica inchoata, seu Enumeratio plantarum, quas circa Grodnam collegit et determinavit Joannes Emmanuel Gilibert : in 5 vol. / J.E. Gilibert. – Grodnae – Vilnae: Typis S. R. M., 1781–1782. – Vol. 1. – 128 p.
12. Lange-Bertalot, H. Eunotia and some related genera / H. Lange-Bertalot [et al.]. – Ruggell, 2011. – 747 p.
13. Piatrou, U. A new species of the genus *Eunotia* Ehrenb. for algal flora the Republic of Belarus / U. Piatrou // Abstracts of the 25th International Diatom Symposium, Berlin 25–30 June 2018. / Botanic Garden and Botanical Museum Berlin, Freie Universität Berlin; ed. :W.-H. Kuster [et al.]. – Berlin, 2018, P. 138.

АЭРОКОСМИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ ВОДНО-БОЛОТНЫХ ЭКОСИСТЕМ ПРИПЯТСКОГО ПОЛЕСЬЯ (НА ПРИМЕРЕ РЕСПУБЛИКАНСКОГО ЗАКАЗНИКА «СРЕДНЯЯ ПРИПЯТЬ»)

А.Р. Понтус, А.В. Пучило, М.Л. Романова

Институт экспериментальной ботаники НАН Беларуси, Минск, Беларусь, par2004@yandex.by, ajuga@list.ru

В статье рассмотрены основные принципы и подходы при изучении и мониторинге состояния, динамики и экологического прогноза пойменных водно-болотных экосистем особо охраняемых природных территорий Припятского Полесья (на примере республиканского ландшафтного заказника «Средняя Припять»), основанные на использовании выборочных наземных данных, анализе разновременных аэрокосмических снимков с использованием ГИС-технологий их обработки. Проведенные исследования позволяют разработать комплекс мероприятий по сохранению биологического разнообразия уникальных пойменных водно-болотных экосистем на территории Припятского Полесья.

В Припятском Полесье создана сеть особо охраняемых природных территорий (ООПТ), включая крупнейшие, республиканский ландшафтный заказник «Средняя Припять» и национальный парк «Припятский». На этой территории в естественном состоянии сохранились уникальные экосистемы, находящиеся в Европе под угрозой исчезновения – открытые низинные осоковые болота, пойменные луга, системы пойменных озер и стариц, пойменные дубравы и черноольшаники. Особую ценность для общеевропейских и общепланетарных биосферных процессов имеют болота и болотные экосистемы Полесья в совокупности с широкими заболоченными поймами реки Припять и ее многочисленных притоков. В связи с проведением широкомасштабных мелиоративных работ в 1970-е гг. многие биоценозы, характерные ранее для Полесья стали редкими, а в большинстве стран Европы практически исчезли.

Территория поймы реки Припять имеет международное значение для сохранения почти естественных экосистем, являющихся местами обитания редких видов птиц, среди которых вертячая камышевка, большой подорлик, коростель, дупель и др. В настоящее время выживание многих видов птиц зависит от состояния отдельных территорий, которые являются местами их концентрации в периоды гнездования и миграций. С целью сохранения водно-болотных угодий, являющихся местами обитания водоплавающих птиц, поддержания их популяций, была разработана Рамсарская конвенция, согласно которой в список Рамсарских угодий были включены также отдельные ООПТ Беларуси, в том числе и Полесья (биологические заказники «Споровский» и «Званец», ландшафтные заказники «Средняя Припять», «Ольманские болота», «Простырь», и Национальный парк «Припятский»).

Оценка экологических факторов, необходимых для мониторинга состояния и динамики природных экосистем, в региональных масштабах в течение периодов от нескольких лет до десятилетий очень трудна или невозможно методами текущего картографирования и обследования (инвентаризации). Поэтому эффективным методом в исследованиях пойменных экосистем территории Белорусского Полесья является использование данных дистанционного зондирования (ДДЗ) и ГИС-технологий, их обработки в комплексе с выборочными наземными данными в целях своевременного выявления изменений, динамики и экологического прогноза.

Одна из особенностей получения ДДЗ – их периодичность во времени и накопление так называемых временных рядов, т.е. наборов данных, характеризующих динамику пространственного явления через определенные промежутки времени. Такие наборы позволяют создавать временную картину изменения явления или процесса и давать ретроспективный и прогнозный анализ природных явлений, причем, чем за более длительный срок наблюдений имеются ДДЗ, тем достоверней будет прогноз динамики изменений. Кроме того, ДДЗ имеют приоритетное значение, так как позволяют получать данные о состоянии природных комплексов, ландшафтов одновременно на большие площади в разные периоды времени и с требуемой детальностью и обзорностью. Перспективность использования спутниковых систем заключается в большой оперативности, избирательности и доступности съемки.

Республиканский ландшафтный заказник «Средняя Припять» является самой крупной ООПТ Белорусского Полесья (общая площадь составляет 94 967 га). Заказник был создан в 1999 г. на базе государственных биологических заказников «Низовье Ясельды», «Устье Лани» и «Низовье Случи». Территория средней Припяти представляет собой эталон сильно заболоченной речной поймы – практически исчезнувший в Европе биотоп. На данном участке поймы Припяти сосредоточен самый большой по площади комплекс естественных аллювиальных ландшафтов не только на территории Беларуси, но и в Европе в целом. Здесь в естественном состоянии сохранились пойменные экосистемы, находящиеся в Европе под угрозой исчезновения, – открытые низинные осоковые болота, разнотипные пойменные луга, системы пойменных озер и стариц.

В настоящее время важной задачей является изучение состояния и динамики пойменных экосистем территории заказника, основанной на данных ретроспективного анализа ДДЗ и ГИС-технологий их обработки. Актуальной проблемой здесь является зарастание открытых низинных болот и пойменных лугов кустарниками и тростниками, являющихся глобальной угрозой для большого количества редких видов флоры и фауны, и особенно для ряда видов птиц, находящихся под угрозой глобального исчезновения – дупель, коростель, вертячая камышевка. Важно отметить, что зарастание кустарниками пойм рек увеличивает шероховатость поймы, замедляет прохождение паводков и является одной из причин повышения уровней весенних паводков.

Экологическая проблема зарастания пойменных уникальных водно-болотных экосистем отмечается на всем протяжении поймы средней Припяти и низовий ее притоков. Однако, наиболее остро проблема закустаривания пойменных лугов и открытых низинных болот отмечается в низовье рек Ясельда, Стырь, Ствига и Случь. Необходимо также обозначить проблему зарастания кустарниками примыкающего к территории заказника «Средняя Припять» Туровского луга. Пойменный луг расположен на пересечении миграционных путей птиц. Здесь расположена самая крупная в пойме Припяти колония куликов. Зарастание кустарниковой растительностью может привести к снижению численности птиц и утрате данной территории как места остановки мигрирующих птиц.

Основной причиной распространения кустарников на болотах и лугах является прекращение традиционного использования этих биотопов человеком для сенокосения и выпаса скота. Кроме того, в результате нерегулируемого выпаса скота на переувлажненных участках (в межгрядных понижениях), особенно у дд. Черничи, Вересница и г.п. Туров (Житковичский район), а также у дд. Плошево, Кочановичи, Особовичи (Пинский район) отмечается также усилившееся в последнее время закустаривание пойменных экосистем. В процессе выпаса не производится скашивание и уборка несъеденных растений и их остатков, что влечет за собой бурьянизацию, угнетение и обеднение травостоя ценными в кормовом отношении видами злаков.

Необходимо отметить и то обстоятельство, что в результате строительства польдерных систем, происходит вымирание редких растительных сообществ. Например, созданная в 1990-е гг. польдерная система у д. Вересница отняла у естественной растительности более половины правобережной поймы р. Припять, в результате которой прекратили свое существование очень редкие для Беларуси сыролуговые мелкозлаково-мелкоосоковые сообщества.

В результате антропогенного влияния (распашки минеральных островов внутри заказника) происходит изменение флористического разнообразия. Расширение площади распашиваемых земель на мелиорированных участках поймы севернее дд. Дубой, Могильно, Б. Орлы, Лядец (Столинский район Брестской области) представляет собой значительную угрозу флористическому разнообразию заказника.

Аэрокосмические исследования на территории заказника необходимо проводить на сети эталонно-калибровочных участков (ЭКУ), охватывающих ценные ключевые биотопы с редкими видами, важными для

поддержания их биологического разнообразия. Подбор и закладку ЭКУ проводили с учетом выборочных наземных данных (исходных картографических материалов, включая ландшафтные, карты ценных ключевых биотопов и др.), результатов предварительного тематического дешифрирования разновременных аэрокосмических снимков. Исследования направлены на изучение интенсивности направлений (трендов) динамики пойменных экосистем территории заказника за более чем 70-летний период на основе аэрофотоснимков, датированных 1951, 1969, 1971 гг. и разновременных космических снимков (РКС) спутниковых систем среднего и высокого разрешения, таких как Landsat 5 TM, Landsat 7 ETM+, Landsat 9, 10, Terra (Aster), Sentinel 2 и др.

Важно подчеркнуть, что для описания, анализа и моделирования процессов, происходящих в природных экосистемах, оценки их состояния и функционирования необходимо применение ГИС-технологий, что позволяет детально анализировать все основные черты и особенности взаимодействия и взаимосвязей между компонентами экосистем, как в пространственном, так и во временном разрезах.

Исследования по изучению современного состояния и динамики пойменных экосистем заказника «Средняя Припять» основанные на тематическом дешифрировании ретроспективных аэрофотоснимков и РКС высокого разрешения проводились с применением специализированного ПО (ScanEx Image Processor, ERDAS IMAGINE, Geomatica, и др.), с использованием специализированной платформы Google Earth Engine. Для проведения тематической компьютерной обработки снимков ключевым звеном является подбор наиболее информативных каналов космической съемки. Для интерпретации пойменных экосистем, определения их текущего состояния и динамики изменений наиболее перспективной является комбинация 2-3-1 системы Terra (Aster), спектральные диапазоны: 0,63-0,69; 0,78-0,86; 0,52-0,60 (рисунок 1).

Для системы Landsat 9, 10 наиболее информативной является комбинация спектральных каналов 3-8-2; имеющих спектральные диапазоны: 0,63-0,690; 0,52-0,90 (панхром); (0,525-0,605), для системы Landsat 5 и 7 ETM – комбинация каналов 3-4-2; спектральные диапазоны: 0,63-0,690; 0,75 -0,90; 0,525-0,605.

Для ретроспективного и современного анализа состояния и динамики пойменных экосистем на территорию заказника с использованием программного обеспечения Geomatica проводили увязку ортофотопланов, составленных из аэрофотоснимков, с привязкой к космическим снимкам (рисунок 2).

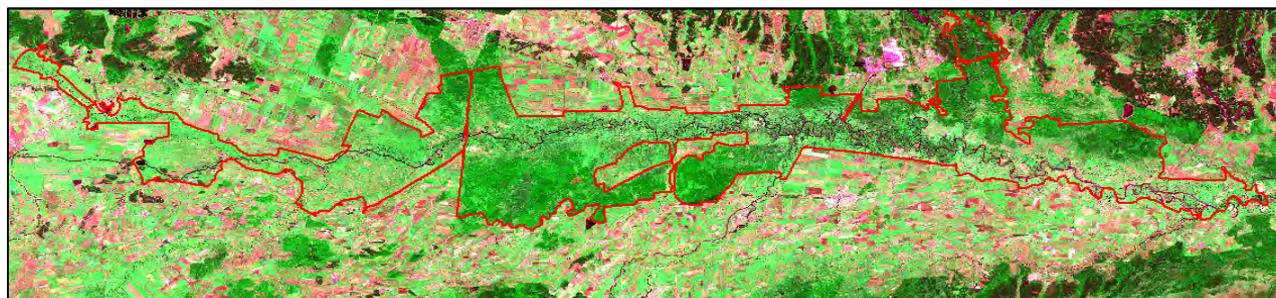


Рисунок 1 – Фрагмент космического снимка Terra (Aster) территории республиканского ландшафтного заказника «Средняя Припять» (дата съемки 21.08.2006 г.)

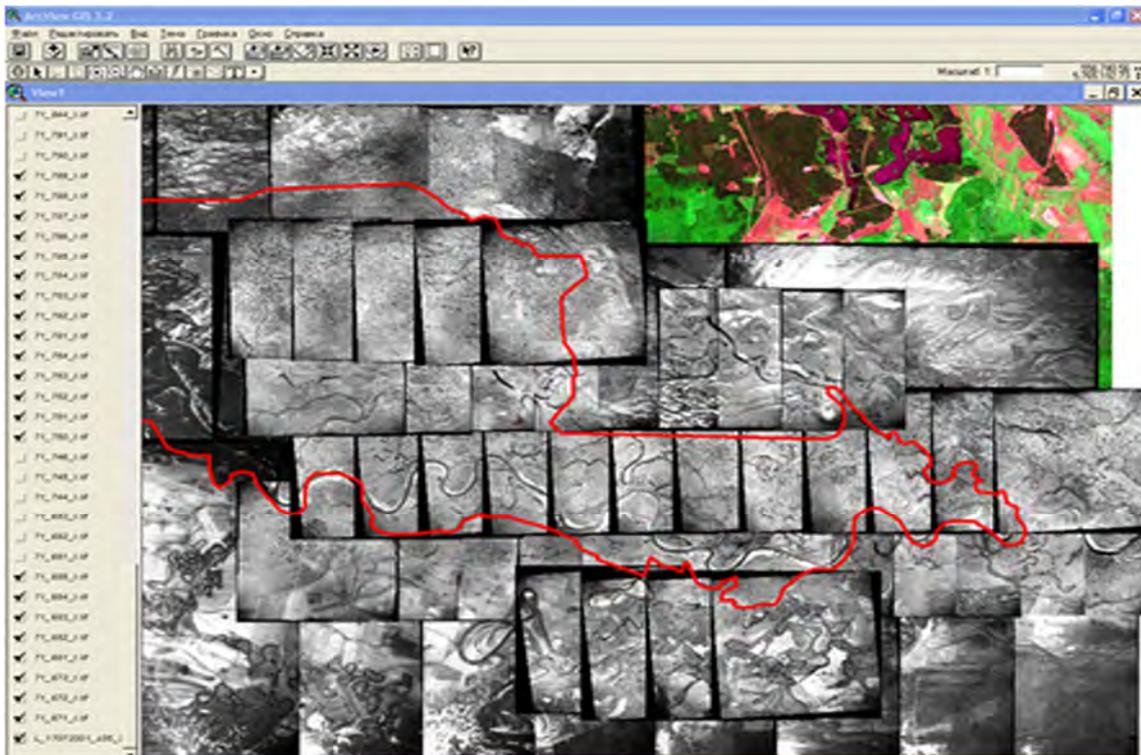


Рисунок 2 – Фрагмент ортофотоплана территории республиканского ландшафтного заказника «Средняя Припять» (Житковичский район Гомельской области), составленный по материалам аэрофотосъемки 1971г.

Анализ разновременных аэрокосмических снимков позволяет дать оценку пространственной структуры пойменных экосистем территории заказника. На основе анализа разновременных аэрокосмических снимков возможно выполнение ретроспективного анализа состояния пойменных экосистем и выявление интенсивности направлений (трендов) динамики пойменных экосистем за многолетний период времени. В целом, на основе ретроспективного анализа и оценки современного состояния пойменных экосистем с использованием материалов аэрокосмических съемок возможно провести прогноз динамики пойменных экосистем.

На основе анализа материалов космической съемки высокого разрешения Terra (Aster), Landsat 7 ETM+, 9, 10, Sentinel-2 и выборочных наземных данных с использованием платформы специализированной платформы Google Earth Engine выполняли построение тематических карт, отражающих основные динамику перехода (трансформации) пойменных экосистем, а также прогнозные карты динамики экосистем.

Проведенные вышеперечисленные исследования позволили разработать комплекс мероприятий по сохранению биологического и ландшафтного разнообразия, рекомендации для включения их в план управления республиканского ландшафтного заказника «Средняя Припять».

Результаты полученных исследований на территорию заказника позволяют сделать соответствующие выводы. К настоящему времени сократилась площадь сельскохозяйственных угодий. В настоящее время резко сократилось сельскохозяйственное пользование на угодьях, расположенных в пределах территории заказника, хотя до сих пор они числятся за землепользователями и землевладельцами. Больше всего трансформация коснулась открытых низинных болот, что прояв-

ляется в увеличении кустарниковой и древесной растительности по болоту и суходольным участкам.

На основе выполненных исследований возможно провести прогноз динамики пойменных экосистем. В последующие годы может произойти сокращение площади лугопастбищных угодий и сельхозугодий. Больше всего трансформация коснется пойменных болот, что приведет к дальнейшему сокращению болотной растительности и увеличению кустарниковой. Кроме того, сократится площадь песков и прочих земель за счет облесения последних. В связи с этим возрастет площадь лесных земель и кустарников.

Для поддержания экологического равновесия пойменных экосистем на территории заказника необходимо предпринять комплекс мероприятий по включению их в План управления заказника. В связи с этим, в сложившихся условиях сохранение открытых низинных болот и пойменных лугов, как мест обитания целого ряда редких и угрожаемых видов, требует активного управления ими. В настоящее время виды птиц, находящиеся под угрозой глобального исчезновения, обитают на ограниченных участках пойменных лугов и низинных болот. Поэтому постепенное зарастание сохранившихся открытых болот и пойменных лугов кустарниками может привести к полному исчезновению редких видов флоры и фауны.

Перспективным методом устойчивого поддержания болот и лугов является их ежегодное сенокосение, проведение регламентированного выпаса скота и вырубка кустарниковой растительности в целях сохранения традиционно травянистой растительности с участием уникальных сообществ и редких видов растений и птиц.

Необходимо ограничение существующих полейдерных систем в пределах поймы средней Припяти, что с природоохранной позиций нежелательно, а с экономи-

ческих – нецелесообразно. Во-первых, прекратится естественное обогащение пойменных угодий аллювием во время разлива Припяти и ее притоков. Во-вторых, осушение маломощных припятских торфяников, подстилаемых чаще слабогумусированным рыхлым песком, принесет непродолжительный (2-3 года) экономический эффект. Далее же трансформированные под сельхозугодья пойменные массивы будут требовать дополнительного агрокультуртехнического ухода, включая удобрения, и поддержания функционирования мелиоративной сети.

Использование современных космических природно-ресурсных систем высокого разрешения, интегрированных с современными вычислительными платформами для дистанционного мониторинга сети ООПТ Припятского Полесья, позволяют проводить постоянный контроль за происходящими изменениями, выявлять особо ценные биотопы заказника, включающие места обитания и произрастания особо ценных видов

фауны и флоры и отображать изменения, происходящие с ними. Результатом работ такой системы мониторинга будут являться разработка комплекса оперативных природоохранных и хозяйственных мероприятий для местных субъектов хозяйствования с целью экологической оптимизации природных экосистем ООПТ, сохранения их биоразнообразия и устойчивого функционирования.

Представленный в данных исследованиях подход, является относительно дешевым и быстрым методом оценки состояния территории и прогнозного изменения экосистем ООПТ на региональном уровне, что обеспечивает информационную поддержку при разработке планов эффективного управления территориями в поддержании условий для устойчивого функционирования системы охраняемых водно-болотных угодий и других угодий в Белорусском Полесье в целом (повышение эффективности их управления и совершенствование практики землепользования).

РАСТИТЕЛЬНОСТЬ ТИПИЧНОГО НЕНАРУШЕННОГО СОСНОВО-КУСТАРНИЧКОВО-СФАГНОВОГО ФИТОЦЕНОЗА ЗАПАДНОЙ СИБИРИ (НИЗКОГО РЯМА)

П.А. Прокофьева^{1,2}, Л.Г. Никонова¹, Е.В. Порохина², Е.А. Головацкая¹

¹Институт мониторинга климатических и экологических систем Сибирского отделения РАН, Томск, Россия

²Томский государственный педагогический университет, Томск, Россия, prokofevapolina815@gmail.com

В работе приведено геоботаническое описание растительности типичного ненарушенного сосново-кустарничково-сфагнового фитоценоза (низкого ряма) (Бакчарское болото, Томская обл.) и оценка запасов растительного вещества. Микрорельеф низкого ряма волнообразный за счет большого количества моховых подушек. В межкочковых понижениях происходит более значимое накопление растительного вещества, в отличие от кочек (в 1,7 раз интенсивнее), при этом 88% от общей биомассы составляет мортмасса.

Торфяные болота – это уникальные природные экосистемы, изучение которых важно для понимания климатических процессов, поскольку данные ландшафты аккумулируют углерод и играют важную роль в глобальном цикле углерода и воды, обмениваясь CO₂ и CH₄ с атмосферой [1, 2].

Западная Сибирь является мировым лидером по заболоченности во всем мире, площадь болот здесь достигает 32,5 тыс. га или 42% от всей территории. Среди них на крупных водораздельных болотах преобладают олиготрофные сосново-кустарничково-сфагновые (рямы, рослые рямы), а также рядово-мочажинные и рядово-озерково-мочажинные комплексы. Под «рямом» понимают типичный в лесной зоне Западной Сибири олиготрофный болотный ландшафт с выпуклой поверхностью. Он представляет собой сосново-кустарничково-сфагновое болото лесного облика, где средняя высота древесного яруса болотных форм сосны может варьировать от 8 до 10 м (рослый рям) и от 1.5 до 3 м (рям) [3]. Сосново-кустарничково-сфагновые фитоценозы (рямы) являются наиболее типичными для водораздельных территорий Западной Сибири. На территории Томской области преобладающими являются болота олиготрофного типа) [4].

В работе приведено описание растительности типичного ненарушенного сосново-кустарничково-сфагнового фитоценоза (низкого ряма) (Бакчарское болото, Томская обл.) и оценка запасов фитомассы растительного покрова.

Территория исследования расположена в подзоне южной тайги Западной Сибири и характеризуется континентальным климатом. Средняя годовая температура составляет 0,5°C, годовое количество осадков 497 мм за 1991–2020 гг. Средние температуры воздуха января и июля составляют –18,8 и +18,2°C, соответственно [5]. Объектом исследования послужил сосново-кустарничково-сфагновый фитоценоз (низкий рям) (56°58'23.8" с.ш., 82°36'38.3" в.д.), расположенный на территории стационара «Васюгань» ИМКЭС СО РАН в пределах олиготрофного болота Бакчарское на междуречье рек Икса-Бакчар (Бакчарский район, Томская обл.). Запасы фитомассы определяли укосным методом в период максимального развития растительности (конец июля – начало августа), подземную фитомассу (корни) и мортмассу (моховой очес) до глубины 40 см определяли методом монолитов [6].

Уровень болотных вод на пункте наблюдений на кочках в среднем составил 48 см, в межкочковых пони-

жениях – 34 см, глубина торфяной залежи достигает 3 м и по своему строению является верховой топяной. Микрорельеф низкого рья волнообразный за счет большого количества моховых подушек высотой около 30 см, диаметром до 3 м. Растительный покров представлен *Pinus silvestris* f. *litwinowii* (проективное покрытие – 40%, далее по тексту – п.п.), кустарничковый ярус хорошо развит и состоит преимущественно из представителей семейства Вересковые (*Ericaceae*): *Chamaedaphne calyculata* Moench (п.п. – 60%), *Ledum palustre* L. (п.п. – 30%), *Andromeda polifolia* L. (п.п. – 10%) и *Vaccinium uliginosum* L. Среднее проективное покрытие яруса достигает 65%. На повышенных участках микрорельефа также встречается *Oxycoccus microcarpus* Turcz. и *Oxycoccus macrocarpos* (Aiton) Pursh. Среди мхов абсолютным доминантом является *Sphagnum fuscum* Klinggr, в понижениях между кочек встречаются *Sphagnum divinum* Flatberg & K. Hassel и *Sphagnum angustifolium* C. Jens. Травяной ярус (п.п. 5–10%) представлен в основном *Eriophorum vaginatum* L. и *Rubus chamaemorus* L., также встречается *Drosera rotundifolia* L. (рисунок).

Оценка запасов растительного вещества показывает, что максимальные запасы характерны для межкочковых понижений – 9849 г/м², на кочках запасы растительного вещества составляют 7652 г/м², при этом около 67% от общей биомассы приходится на мортмассу (моховой оцес, ветошь и опад трав и кустарничков). Это соответствует полученным ранее данным в 2012 г., согласно которым, 71% от общей массы растительного вещества представлено мортмассой [7]. На кочках запасы надземной фитомассы (листья и ветки кустарничков, травы, живая часть сфагновых мхов) несколько выше, по сравнению с межкочковыми понижениями (653 и 554 г/м² соответственно). Более высокие запасы общей биомассы в межкочковых понижениях

обусловлены более плотным сложением верхних 30 см мохового оцеса.

Таким образом, сосново-кустарничково-сфагновый фитоценоз (низкий рям) Бакчарского болота является репрезентативным для Западной Сибири, который в дальнейшем может служить в качестве модельного участка при изучении естественных, ненарушенных процессов трансформации органического вещества.



Рисунок 1 – Низкий рям болота Бакчарское

Работа выполнена в рамках государственного задания ИМКЭС СО РАН (НИОКТР 121031300154-1).

Список литературы

1. Филиппов И.В., Лапшина Е.Д. Типы болотных микроландшафтов озерно-болотных систем Среднего Приобья // *Environmental Dynamics and Global Climate Change*. 2008. Т. 1, № 1S. С. 115–124.
2. Терентьева И.Е., Филиппов И.В., Сабреков А.Ф. и др. Картографирование таежных болот западной Сибири на основе дистанционной информации // *Известия РАН. Серия географическая*. 2020. Т. 84, № 6. С. 920–930.
3. Лапшина Е.Д. Флора болот юго-востока Западной Сибири. Томск: Изд-во Том. ун-та, 2003. 296 с.
4. Евсева Н.С., Синюткина А.А., Харанжевская Ю.А. Ландшафты болот Томской области. Томск: Изд-во НТЛ, 2012. 400 с.
5. Всероссийский научно-исследовательский институт гидрометеорологической информации – Мировой центр данных [Электронный ресурс]. URL: <http://meteo.ru/>. (дата обращения 23.03.2023).
6. Никонова Л.Г., Калашникова Д.А., Головацкая Е.А., Симонова Г.В. Деструкция растений торфообразователей на начальных этапах разложения в условиях ненарушенных и постпирогенных торфяников Западной Сибири // *Почвы и окружающая среда*. 2024. Том 7. № 2. С. 1–12.
7. Никонова Л.Г. Продукционно-деструкционные процессы в олиготрофных болотных экосистемах южно-таежной подзоны Западной Сибири: диссертация на соискание ученой степени кандидата биологических наук: 03.02.08. Сибирский федеральный университет. Томск, 2020. 178 с.

ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ МАРКЕРЫ РАСТЕНИЙ В ОЦЕНКЕ ПРОДУКТИВНОСТИ И МОНИТОРИНГЕ БОЛОТНЫХ ЭКОСИСТЕМ

Т.В. Рогова, Т.А. Борисова

Казанский (Приволжский) федеральный университет, Казань, Россия, tatiana.rogova@kpfu.ru

Функциональные показатели – площадь листовой поверхности (LA), сухая масса листа (LDM), удельная площадь листа (SLA), содержание хлорофилла (SPAD), длина побегов (L) – использованы в исследовании для оценки функциональной структуры травяно-кустарничкового яруса болотных экосистем. Показатели LA и LDM устойчиво имеют положительную корреляцию, SLA и SPAD отрицательную. В сообществе березняка пушицево-сфагнового средневзвешенные значения SWM SLA и биомасса группы граминоидов в два раза выше по сравнению со значениями в сосняке сфагновом. Моховой ярус имеет наибольшую биомассу среди видов приземного покрова (2,65 т/га).

Одним из основных индикаторов состояния и трансформации природных систем является функциональная структура сообществ и их продуктивность. Экосистемы болот играют существенную роль в глобальном круговороте углерода биосферы. Именно здесь происходит его стагнация вследствие аккумуляции углерода в виде биомассы и торфяных отложений. Процессы образования и разложения органического вещества, являясь основой функционирования биосферы [6], определяются составом и экологическими свойствами продуцентов, участвующих в этих процессах. При структурном подходе исследователи рассматривают закономерности распределения видов в сообществе и развитие растений во времени и пространстве [1]. Современное глобальное потепление климата вызывает сокращение численности и вымирание болотных видов [14].

Все чаще используется понятие функциональной структуры сообществ. В.В. Мазинг в 1973 г. интерпретировал это понятие как совокупность связей между компонентами экосистемы [9]. Функциональное разнообразие, определяемое по аналогии с видовым, может являться одним из проявлений функциональной структуры сообщества. В настоящий момент данный термин чаще всего связывают с функциональными признаками растений в сообществе [3, 5, 10, 12].

Каждый вид растений имеет своеобразное морфологическое строение и модальность приспособления к окружающей среде, что отражается в особенностях строения вегетативных и генеративных органов и может быть охарактеризовано рядом функциональных признаков. Признаки растений, которые используются при выделении функциональных типов растений, – это количественные характеристики растений, оказывающие влияние на жизнеспособность и имеющие значение для их адаптационных возможностей. Наиболее часто используют такие признаки как фитомасса особи, разветвленность побегов, морфология и анатомия листьев, SLA, биохимический состав. Виды растений, сходные по определенным свойствам и признакам [7], могут быть отнесены к одной функциональной группе в составе сообщества.

Важным преимуществом функционального подхода является его объективность за счет количественной оценки функциональных признаков. Еще одно достоинство состоит в том, что признаки растений индифферентны по отношению к их таксономическому положению. Следовательно, их можно использовать для сравнения совершенно разных и географически

удаленных экосистем, даже в случае отсутствия близкородственных видов [8].

Болотные экосистемы, формирующиеся в условиях избыточного увлажнения, наиболее распространены в ландшафтах тундровой и лесной зон, получающих достаточно большое количество атмосферных осадков. Южнее, на границе лесной зоны и в лесостепном экотоне, существование болотных массивов зависит от рельефа местности, поверхностного стока, количества и уровня залегания грунтовых вод. В современных условиях глобального потепления и интенсивного использования природных ландшафтов юго-восточной части Российской Федерации наблюдается сокращение фито-разнообразия флоры и растительности болотных местообитаний, что требует проведения мониторинговых наблюдений за их динамикой, включая местообитания на особо охраняемых природных территориях.

Целью исследования был мониторинг болотных экосистем Волжско-Камского государственного природного биосферного заповедника (ВКГПБЗ) и выявление функциональных маркеров растений для оценки их продуктивности. Растительный покров заповедника сформирован елово- и сосново-широколиственными лесами и производными вариантами от них липовыми, березовыми и осиновыми лесами. На супесчаных и песчаных почвах долин малых рек Сумки и Сер-Булак, пересекающих третью и четвертую левобережные террасы Волги, устойчивы сообщества сосновых лесов, от сухих лишайниково-мшистых, кустарничково-зеленомошных и смешанных липово-сосновых до сосняков сфагновых.

Объектами исследования были местообитания болотных комплексов ВКГПБЗ, кв. 47, 120 и 132.

Согласно классификации, заболоченный участок квартала 47 относится к типу болотных массивов, которые развиваются в замкнутых западинах эолового, эрозионного и суффозионного происхождения с округлыми или лопастовидными очертаниями депрессий в условиях междюнных понижений [4]. Для данного типа характерна глубина не более 1,5 метров, застойное и переменное увлажнение. Растительный покров здесь представлен сосняками и березняками сфагновыми. Исследования проведены в ассоциации березняка пушицево-сфагнового. Формула древостоя: 10Б. Подрост представлен с оценкой по шкале Друде видами *Betula pubescens* Ehrh. (sp) и *Populus tremula* L. (sp). В кустарничковом покрове: *Chamaedaphne calyculata* (L.) Moench (cop 1), *Ledum palustre* L. (sp), *Vaccinium myrtillus* L. (sp), в травостое – *Eriophorum vaginatum* L. (cop 1), *Carex rostrata* Stokes (sp), *Menyanthes trifoliata* L.

(sp). В моховом покрове *Sphagnum angustifolium* (Russ) G. Lens (cop 2), *Sph. centrale* С.Е.О. Jensen (cop 2).

Болотные массивы квартала 120 (оз. Долгое) и квартала 132 (оз. Гнилое) развиваются в замкнутых котловинах озер и имеют лимногенное происхождение. Увлажнение здесь характеризуется как застойное и постоянное. Большое значение имеют карстовые процессы, что обусловлено более близким залеганием здесь коренных пермских пород [4]. В квартале 120 исследования проведены в ассоциации сосняка пушицево-сфагнового. Формула средневозрастного древостоя: 10С+Б, подрост представлен видами *Pinus sylvestris* L. (sp) и *Betula pubescens* Ehrh. (sp). В кустарничковом ярусе – *Chamaedaphne calyculata* (L.) Moench (cop1), *Andromeda polifolia* L. (sp), *Oxycoccus palustris* Pers. (cop 1), в травостое – *Eriophorum vaginatum* L. (cop 1), *Carex rostrata* Stokes (sp), *Scheuchzeria palustris* L. (sp), *Rhynchospora alba* (L.) Panz.ex Link, *Drosera rotundifolia* L. (sp), в моховом покрове *Sphagnum medium* Limpr. (cop 2), *Sph. flexuosum* Dozy et Molk (cop 2).

В квартале 132 исследования проведены в ассоциации сосняка пушицево-сфагнового с березой. Формула старовозрастного древостоя: 10С+Б. Подрост представлен видами *Pinus sylvestris* L. (sp) и *Betula pubescens* Ehrh. (sp), в кустарничковом покрове – *Chamaedaphne calyculata* (L.) Moench (cop 1), *Andromeda polifolia* L. (cop 1), *Ledum palustre* L. (cop 1), *Vaccinium myrtillus* L. (sp), *Vaccinium uliginosum* L. (sp), *Oxycoccus palustris* Pers. (cop 1), в травостое – *Eriophorum vaginatum* L. (cop 1), в моховом покрове *Sphagnum medium* Limpr. (cop 2), *Sph. centrale* С.Е.О. Jensen (cop 2).

Материалом для анализа послужили результаты полевых исследований в июле 2022 г. В каждой ассоциации заложены пробные площади размером 20×20 м, проведен учет древостоя, определен состав травостоя и мохового покрова, обилие видов по шкале Друде. Определены координаты. На 10 раункиеровских площадках размером 50×50 см определяли проективное покрытие видов (%) и рассчитывалась встречаемость вида в %. Для видов трав и кустарничков (*Chamaedaphne calyculata* (L.) Moench, *Andromeda polifolia* L., *Oxycoccus palustris* Pers., *Ledum palustre* L., *Vaccinium myrtillus* L., *V. uliginosum* L., *Eriophorum vaginatum* L., *Carex rostrata* Stokes, *Scheuchzeria palustris* L., *Rhynchospora alba* (L.) Panz. ex Link, *Menyanthes trifoliata* L., *Drosera rotundifolia* L. в полевых условиях было произведено измерение высоты побегов (L) и собраны образцы (345 листьев) для измерения функциональных признаков, прибором SPAD-502 Plus определяли содержание хлорофилла в листьях в условных единицах относительного значения измерителя SPAD, которое, как показали исследования, пропорционально концентрации хлорофилла в образце [13].

Площадь поверхности листа (LA) была определена методом сканирования модельных листьев и вычисления мобильных приложением «Petiole» (версия 3.0.1). Масса листа определялась для полностью высушенных листьев (LDM). Рассчитан индекс удельной листовой поверхности (SLA, specific leaf area) – часть площади листа, приходящаяся на единицу его массы, измеряющаяся в см²/г. Статистическая обработка полученных результатов проведена в программе «RStudio» (версия 2021.9.1.0).

Результаты исследований. В лесных заболоченных сообществах наряду с древесным ярусом не меньшее значение имеет видовой состав мохового и травянисто-кустарничкового ярусов. Анализируя состав и проективное покрытие видов нижних ярусов по жизненным формам, видим (таблица), что моховидные явно преобладают по этому показателю на всех участках. Однако в кв. 47, в березняке пушицево-сфагнового, проективное покрытие мхов существенно ниже, что возможно связано с влиянием листового березового опада на них, в то время как граминоиды имеют сходные значения покрытия. В ярусе трав выделена отдельная функциональная группа граминоидов, к которой отнесли растения, имеющие удлиненные листья с параллельным жилкованием по типу злаковых и осоковых. Выделен также и гетеротрофный вид *Drosera rotundifolia* L., функционально, отличающийся от активно фотосинтезирующих листьев других видов. Существенное увеличение покрытия кустарничков в кв. 120 по сравнению с кв. 132 и кв. 47 можно объяснить более высоким освещением.

Самыми показательными функциональными признаками из рассмотренных являются SLA и SPAD. Эти показатели зависят от анатомических и структурных свойств листьев, определяющих успешность синтеза органического вещества. Посредством измерения SLA можно сравнить разные по размерам листья, принадлежащие разным таксонам. Высокие значения SLA свидетельствуют о большом количестве света, перехваченного на единицу массы. Данный индекс может быть использован для оценки стратегии видов по отношению к факторам окружающей среды.

По результатам анализа данных (рисунки 1-4) по показателю SLA и SPAD в ассоциациях сосняка сфагнового (кв. 132, см. рисунок 3; кв. 120, см. рисунок 2) и березняка пушицево-сфагнового (кв. 47, см. рисунок 1) наглядно видно, что виды кустарничкового яруса по показателю SLA существенно отличаются от видов травянистого яруса более высокими значениями. Из видов кустарничков максимальные значения имеют *Vaccinium myrtillus* L. и *Chamaedaphne calyculata* (L.) Moench, минимальное – *Ledum palustre* L., *Andromeda polifolia* L. и *Oxycoccus palustris* Pers. Все виды травянистых растений, отнесенные к граминоидам по морфологическим особенностям их листьев, имеют низкие значения SLA (*Eriophorum vaginatum* L., *Carex rostrata* Stokes, *Scheuchzeria palustris* L., *Rhynchospora alba* (L.) Panz. ex Link). Значительно более высокие значения имеют травянистые виды – *Menyanthes trifoliata* L. и *Drosera rotundifolia* L. Лидером по показателю SLA является *D. rotundifolia* L. (168 см²/г), имея при этом наименьшие значения площади и массы листьев.

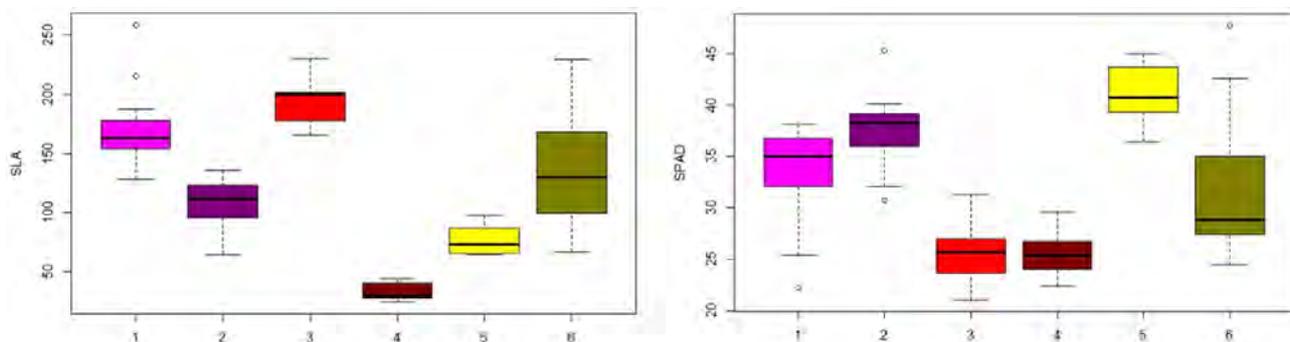
Анализируя данные показателя содержания хлорофилла в листьях SPAD, можно прийти к заключению, что виды кустарничкового яруса и граминоиды не столь существенно отличаются как по показателю SLA. При этом минимальные значения SPAD отмечены у *Chamaedaphne calyculata* (L.) Moench, *Vaccinium myrtillus* L. и *Vaccinium uliginosum* L., а максимальные у *Andromeda polifolia* L. и *Ledum palustre* L. Виды травянистого яруса *Carex rostrata* Stokes, и *Menyanthes trifoliata* L. в условиях пониженного освещения (кв. 47) имеют значения содержания хлорофилла выше. Наименьшими среди всех видов, как и ожидалось, значениями

обладает *Drosera rotundifolia* L. Это объясняется тем, что росянка – насекомоядное растение, которой фотосинтез нужен для формирования генеративного побега и размножения, а основную часть питательных веществ на обедненном болотном субстрате она получает, поедая насекомых.

Во всех сообществах отмечается сильная положительная корреляция между массой листа, площадью его поверхности и высотой побега, за исключением кв. 47, где отсутствует связь между площадью поверхности листьев и высотой побегов.

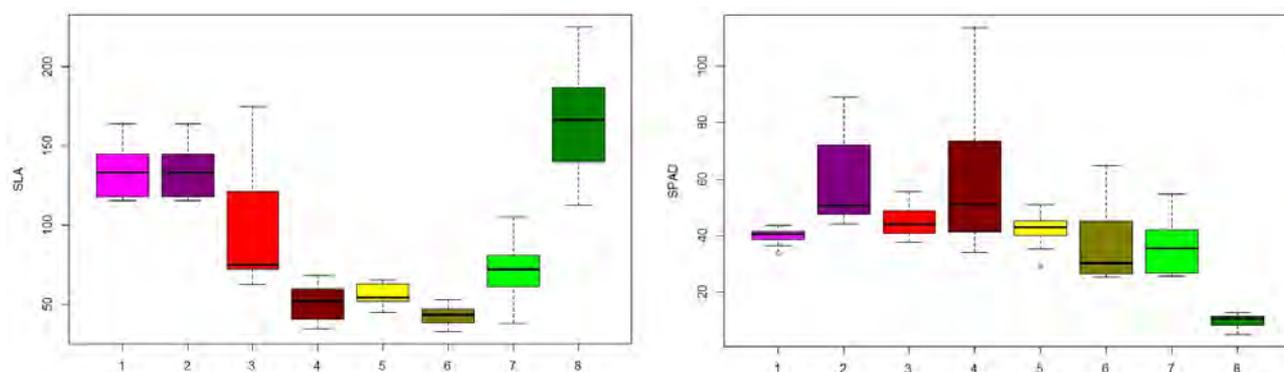
Таблица – Среднее значение проективного покрытия (%) и встречаемости (%) видов по ярусам

Жизненные формы	Березняк пушицево-сфагновый (47 квартал)		Сосняк пушицево-сфагновый (120 квартал)		Сосняк пушицево-сфагновый с березой (132 квартал)	
	проективное покрытие	встречаемость	проективное покрытие	встречаемость	проективное покрытие	встречаемость
Кустарнички						
<i>Andromeda polifolia</i> L.	-	-	31,5	100,0	13,0	40,0
<i>Chamaedaphne calyculata</i> (L.) Moench	10,0	50,0	36,5	100,0	11,0	70,0
<i>Ledum palustre</i> L.	12,0	70,0	-	-	32,5	100,0
<i>Oxycoccus palustris</i> Pers.	-	-	31,5	100,0	40,5	100,0
<i>Vaccinium myrtillus</i> L.	41,0	80,0	-	-	1,5	20,0
<i>Vaccinium uliginosum</i> L.	-	-	-	-	35,0	90,0
Граминоиды						
<i>Carex rostrata</i> Stokes.	4,5	10,0	15,5	60,0	-	-
<i>Eriophorum vaginatum</i> L.	34,0	90,0	39,5	100,0	20,0	100,0
<i>Rhynchospora alba</i> (L.) Panz. ex Link	-	-	2,0	22,0	-	-
<i>Scheuchzeria palustris</i> L.	-	-	1,5	20,0	-	-
Травы						
<i>Drosera rotundifolia</i> L.	-	-	7,0	30,0	-	-
<i>Menyanthes trifoliata</i> L.	5,0	10,0	-	-	-	-
Мхи						
<i>Sphagnum angustifolium</i> (Russ) G. Lens, <i>Sphagnum centrale</i> C.E.O. Jensen	57,9	100,0	-	-	88,0	100,0
<i>Sphagnum medium</i> Limpr., <i>Sphagnum flexuosum</i> Dozy et Molk	-	-	87,0	100,0	-	-



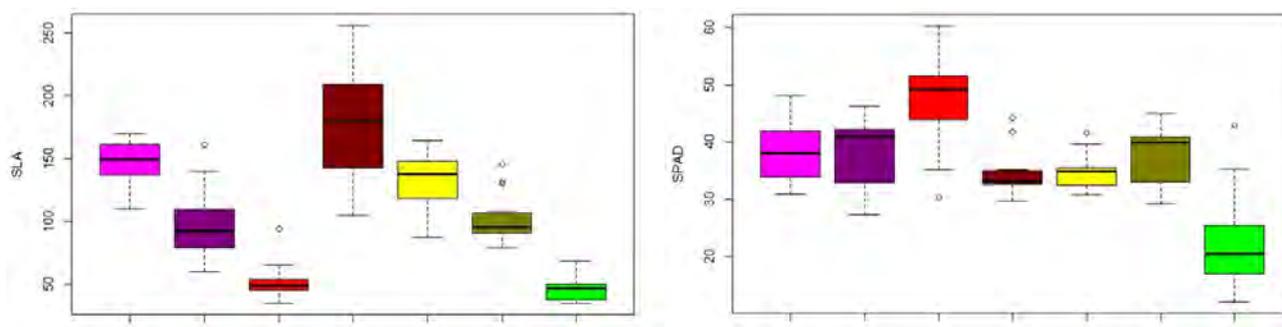
Условные обозначения: 1 – *Chamaedaphne calyculata* (L.) Moench, 2 – *Ledum palustre* L., 3 – *Vaccinium myrtillus* L., 4 – *Eriophorum vaginatum* L., 5 – *Carex rostrata* Stokes., 6 – *Menyanthes trifoliata* L.

Рисунок 1 – Значения SLA (см²/г) и SPAD для исследуемых видов растений в березняке пушицево-сфагновом, кв. 47



Условные обозначения: 1 – *Chamaedaphne calyculata* (L.) Moench, 2 – *Andromeda polifolia* L., 3 – *Oxycoccus palustris* Pers., 4 – *Eriophorum vaginatum* L., 5 – *Carex rostrata* Stokes, 6 – *Scheuchzeria palustris* L., 7 – *Rhynchospora alba* (L.) Panz. ex Link, 8 – *Drosera rotundifolia* L.

Рисунок 2 – Значения SLA (см²/г) и SPAD для исследуемых видов растений в сосняке пушицево-сфагновом, кв. 120



Условные обозначения: 1 – *Chamaedaphne calyculata* (L.) Moench, 2 – *Andromeda polifolia* L., 3 – *Ledum palustre* L., 4 – *Vaccinium myrtillus* L., 5 – *Vaccinium uliginosum* L., 6 – *Oxycoccus palustris* Pers., 7 – *Eriophorum vaginatum* L.

Рисунок 3 – Значения SLA (см²/г) и SPAD для исследуемых видов растений в сосняке пушицево-сфагновом с березой, кв. 132

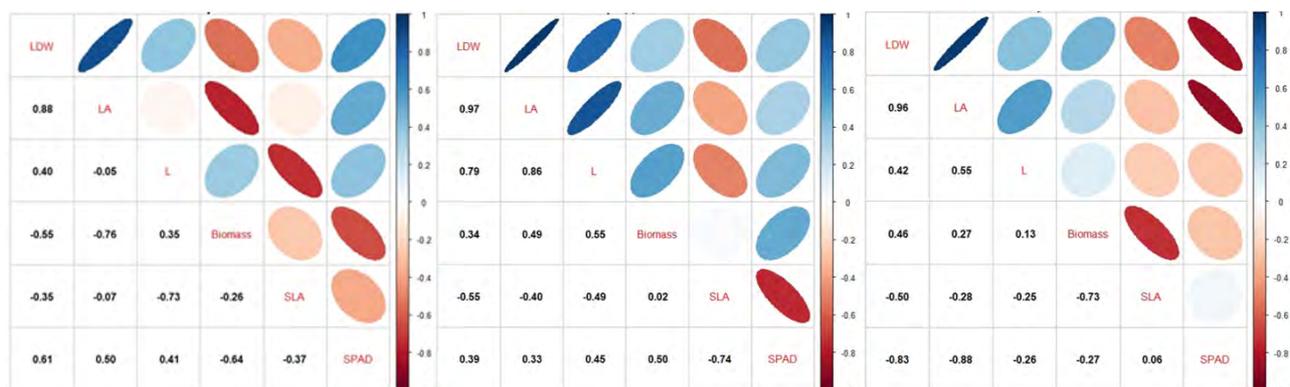


Рисунок 4 – Корреляционные матрицы в березняке пушицево-сфагновом (кв. 47), в сосняке пушицево-сфагновом (кв. 120), в сосняке пушицево-сфагновом с березой (кв. 132)

Значения SLA со всеми признаками в исследованных сообществах коррелируют отрицательно. В сосняке сфагновом кв. 120 отмечается более сильная отрицательная корреляция со значениями SPAD (-0,74). В березняке сфагновом кв. 47 характерна сильная отрицательная корреляция SLA с высотой побега (-0,73). В сосняке сфагновом кв. 132 отмечена сильная отрицательная связь между SLA и общей биомассой (-0,73).

Значения содержания хлорофилла SPAD положительно коррелируют с массой, площадью листа и высотой побега и отрицательно коррелируют с SLA, за исключением сосняка сфагнового кв.132, где SPAD не имеет связи с SLA и отрицательно коррелирует со всеми остальными показателями.

Наряду с определением значений функциональных показателей по отдельным видам была выполнена оценка средневзвешенных значений показателей для сообщества в целом с учетом относительной значимости видов в структуре ценоза. Расчет осуществлялся по формуле:

$$CWM = \sum_{i=1}^N p_i x_i$$

где N – количество видов, обнаруженных в данном сообществе, p_i – относительная значимость вида i в этом сообществе, x_i – значение признака вида i .

Самые высокие средневзвешенные значения по всем показателям наблюдаются в сообществе березняка пушицево-сфагнового (кв. 47). Высокая сомкнутость крон березы является причиной того, что на поверхность почвы поступает мало солнечной радиации, вследствие чего растения данного сообщества имеют необходимость в увеличении массы листьев (SWM_LDW = 0,062 г), площади их поверхности (SWM_LA = 4,93 см²) и высоты побега (SWM_L = 43,8 см.) для улучшения процесса улавливания солнечных лучей. Следствием является превышение на данном участке более чем в два раза средневзвешенного SLA (SWM_SLA = 137 см²/г) по сравнению с сосняками сфагновыми (кв. 120 SWM_SLA = 56,31 см²/г, а в кв. 132 SWM_SLA = 63 см²/г). По средневзвешенному показателю SPAD значения на трех площадках близки: в кв. 120 SWM_SPAD = 29, кв. 132 SWM_SPAD = 23, в кв. 47 SWM_SPAD = 32.

Для оценки продуктивности исследованных сообществ были произведены отборы проб биомассы травянисто-кустарничкового и мохового ярусов. Для оценки биомассы древостоя на пробных площадках были взяты данные из материалов таксации ВКГПБЗ [11]. В 120 кв. кроме того был проведен учет древостоя и рассчитан запас древесины по полевым данным [2]. Значительно меньшие запасы древесины характерны для березняка сфагнового кв. 47 (рисунок 5) по сравнению с более старыми насаждениями сосняков кв. 120 и 132.

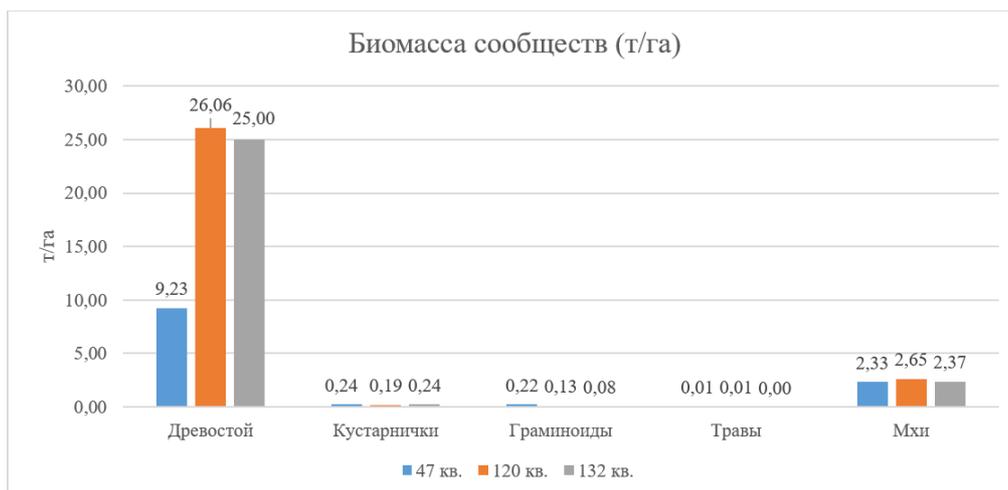


Рисунок 5 – Биомасса сообществ в т/га с учетом древесного яруса

В составе общей биомассы минимальные значения принадлежат травам (0,01 т/га в сосняке пушицево-сфагновом, кв. 120). Биомасса кустарничков также не велика на всех пробных площадях. В березняке пушицево-сфагновом отмечаются высокие значения биомассы граминоидов по сравнению с другими площадками (0,22 т/га), что возможно обусловлено более ранней стадией сукцессионного развития болота от осоково-сфагнового комплекса к кустарничково-сфагновому. Мхи имеют наибольшую биомассу среди видов приземного покрова, причем она максимальна в кв. 120 – 2,65 т/га.

Суммарная биомасса сообществ составила в сосняке пушицево-сфагновом в кв. 120 – 29,04 т/га, в кв.

132 – 27,7 т/га, в березняке пушицево-сфагновом (кв. 47) – 12,04 т/га. Биомасса сосняка сфагнового имеет положительную корреляцию со всеми функциональными признаками, за исключением слабо выраженной связи с SLA в кв. 120 и сильной отрицательной корреляции в кв. 132 (см. рисунок 4). В березняке сфагновом биомасса отрицательно коррелирует со всеми функциональными признаками, кроме высоты побега (+0,35). Функциональные показатели удельной листовой поверхности и содержания хлорофилла в листьях могут быть использованы в качестве маркеров при оценке функционального статуса видов, их продуктивности и состояния сообщества.

Список литературы

1. Аксенова А.А. Структура надземной фитомассы альпийских лишайниковых пустошей после 15 лет удаления групп доминирующих видов / А.А. Аксенова, Т.Г. Елумеева, В.Г. Онипченко // Растительность Восточной Европы и Северной Азии (Брянск, 29 сентября – 3 октября 2014 г.). – Брянск: ГУП Брянское полиграфическое объединение, 2014. – Т. 24. – С. 5–6.
2. Афанасьев Р.А. Оценка динамики показателей продуктивности насаждений *Pinus sylvestris* L. по модельным деревьям / Р.А. Афанасьев, И.С. Сауткин, М.В. Карпов // III Всероссийская (XVIII) молодежная научная конференция «Молодежь и наука на Севере» (Сыктывкар, 12–16 марта 2018 г.). – Сыктывкар, 2019. – С. 33–34.
3. Ахметжанова А.А. Изменение эколого-морфологических параметров листьев альпийских растений при внесении элементов минерального питания / А.А. Ахметжанова, В.Г. Онипченко, М.Х. Эльканова // Журнал общей биологии. – 2011. – Т. 72, № 5. – С. 388–400.
4. Бакин О.В. Фиторазнообразие и охрана болотных экосистем на юге лесной зоны востока европейской части: диссертация на соискание ученой степени кандидата биологических наук: 03. 00. 16 / О.В. Бакин; КФУ. – Казань, 2009. – 211 с.
5. Василевич В.И. Функциональное разнообразие растительных сообществ / В.И. Василевич // Ботанический журнал. – 2016. – Т. 101. – № 7. – С. 776–795.
6. Добровольский Г.В. Функции почв в биосфере и экосистемах: (Экологическое значение почв) / Г.В. Добровольский, Е.Д. Никитин – М.: Наука, 1990. – 261 с.
7. Злобин Ю.А. Основные тенденции развития эколого-функциональных классификаций растений / Ю.А. Злобин // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2012. – Т. 14, № 1(6). – С. 1470–1472.
8. Кораблев, А.П. Функциональное разнообразие растительности и жизненные формы растений / А.П. Кораблев, В.Э. Смирнов. – 2017. – С. 172–178.
9. Мазинг В.В. Что такое структура биогеоценоза // Проблемы биогеоценологии / под ред. Т.А. Работнова, Е.М. Лавренко. – М.: Наука, 1973. – С. 148–156.
10. Мэгарран Э. Экологическое разнообразие и его измерение. – М.: Мир, 1992. – 182 с.
11. Таксационное описание (по состоянию на 01.01.2014 г.) Раифского участкового лесничества Волжско-Камского государственного природного биосферного заповедника. Книга 1. Федеральное агентство лесного хозяйства. Казанский филиал ФГУП «Рослесинфорг». – Казань, 2013. – 924 с.
12. Garnier E. Plant functional diversity: organism traits, community structure, and ecosystem properties / E. Garnier, M.-L. Navas, K. Grigulis. – Oxford, UK: Oxford University Press, 2016. – 256 pp.
13. Ling Q. Use of SPAD-502 meter to measure leaf chlorophyll concentration in *Arabidopsis thaliana* / Q. Ling, P. Jarvis, W. Huang // Official Journal of the International Society of Photosynthesis Research. – 2010. – No. 107. – P. 209–214.
14. Sperle T. Climate change aggravates bog species extinctions in the Black Forest (Germany) / T. Sperle, H. Bruelheide // Divers Distrib. – 2021. – No. 27. – P. 282–295.

СОСТОЯНИЕ ЯСЕНЕВЫХ ФИТОЦЕНОЗОВ В БЕРЕЗИНСКОМ БИОСФЕРНОМ ЗАПОВЕДНИКЕ

М.Л. Романова, Г.В. Ермоленкова

Институт экспериментальной ботаники НАН Беларуси, Минск, Беларусь, ajuga2018@list.ru

Результаты многолетних наблюдений за ясеневыми лесами свидетельствуют о том, что, находясь в центре своего географического ареала, ясень образовывал устойчивые и высокопродуктивные насаждения, однако с конца 1990-х гг. такие древостой стали подвергаться массовому усыханию, затронушему и ясенники Березинского биосферного заповедника.

Мониторинговые исследования экосистем Березинского биосферного заповедника за последние 50-60 лет выявили негативные процессы: неуклонно наблюдается сокращение дубрав, ясенников, кленовников, что приводит к существенному понижению биоразнообразия. Некоторые причины уменьшения площадей широколиственных лесов в условиях заповедывания можно связывать с антропогенными факторами, наряду с этим есть и причины, которые требуют научного обоснования деградации лесных экосистем.

За 100-летний период существования, Березинский биосферный заповедник (ББЗ), в отличие от других лесных территорий, имеет некоторые исходные материалы необходимые для долгосрочных наблюдений, начиная с 1961 г., сохранились лесоустроительные материалы. Научный отдел Березинского заповедника и сотрудники Института экспериментальной ботаники имени В.Ф. Купревича Национальной академии наук Беларуси (ИЭБ НАНБ) на протяжении многих лет вели наблюдения за состоянием и динамикой ясеневых лесов. В 1960-х гг. сотрудниками лаборатории геоботаники и картографии растительности ИЭБ НАНБ были заложены постоянные пробные площади в ясенниках заповедника [5], которые впоследствии обследованы в 2007 г. и 2010 г. [2], к настоящему времени эти фитоценозы практически не сохранились.

Результаты многолетних наблюдений за ясеневыми лесами свидетельствуют о том, что, находясь в центре своего географического ареала, ясень образует устойчивые и высокопродуктивные насаждения и является одной из наиболее ценных лесообразующих пород. Как правило, ясенники произрастают на дерново-подзолистых, перегнойно-подзолисто-глеевых, перегнойно-глеевых, торфянисто-перегнойно-глеевых почвах с повышенным проточным увлажнением [3]. До середины 1990-х гг. такие леса по всей Европе отличались хорошим фитосанитарным состоянием, естественный отпад не превышал 1,3% в год. Однако, в 1997 г. в Литве было поражено в сильной степени и усохло более 20% ясеневых насаждений. В Беларуси Национальной сетью лесного мониторинга в 2004 г. зафиксировано 12,2% отпада ясеня на постоянных пунктах учета. К 2005 г. по данным лесопатологов РУП «Белгослес», подавляющее большинство ясенников в той или иной степени ослаблено и отнесено к насаждениям с нарушенной устойчивостью (за исключением молодняков). В пойменных ясеневых лесах процесс усыхания идет более интенсивно, чем на плакорных территориях. В результате выпадения ясеня из состава древостоя, на его месте формируются низкополотные мягколиственные насаждения или заболоченные пустоши [1]. Усыхание

ясенников затронуло и территорию Березинского биосферного заповедника. В этой связи были проведены исследования фитосанитарного состояния, почвенных и ботанических характеристик насаждений. Цель исследований заключалась в выявлении влияния типа почвы и режима ее увлажнения на фактическое состояние фитоценозов и связь этих показателей с живым напочвенным покровом.

Объектом исследований были фитоценозы с преобладанием ясеня обыкновенного (*Fraxinus excelsior* L.), произрастающие в заболоченной долине на правом берегу реки Березина у озера Палик, Паликское лесничество, квартал 707. Стационарные типологические пробные площади (ТПП) № 96, 97 и 98 представляли старовозрастные (168-180 лет) усыхающие ясенники. Все деревья имели якорную корневую систему, чувствительную к режиму увлажнения почвы. На пробных площадях закладывался почвенный разрез, и делалось описание почвы по генетическим горизонтам. В геоморфологическом плане местность представляет собой глубокую озеровидную депрессию, бывшую в эпоху валдайского оледенения приледниковым озером с многочисленными островками [3].

Всего выделяют пять типов ясенников [1], в ББЗ выделены кисличный, снытевый и папоротниковый (кочедыжникковый). Рассмотрим ситуацию с данными фитоценозами на примере ТПП 96 ясенника кисличного (*Fraxinetum oxalidosum*). Этот тип занимает наиболее высокую позицию, соответствующую островкам приледникового озера. Почва дерново-глееватая, супесчаная, развитая на супеси связной песчанисто-пылеватой, подстилаемой с глубины 65 см супесчано-суглинистыми отложениями, а с глубины 110 см глиной [2].

В напочвенном покрове ясенника кисличного за все годы зафиксировано 63 вида растений (в т.ч. 20 видов с высокой степенью постоянства), которые объединяются в 13 эколого-фитоценологических (ЭФ) групп. Можно отметить, что на финальной стадии существования ясенника в травяном ярусе сильно увеличилось суммарное проективное покрытие (СПП) видов. Если в 1968 г. СПП составляло 43%, то в 1998 г. – 97%, а в 2010 г. – 167,5%. Увеличение проективного покрытия произошло, в основном, за счет разрастания видов растений, принадлежащих к болотно-лесной, болотно-луговой, болотно-лугово-лесной и опушечно-лесной эколого-фитоценологическим группам. Ценозообразующий вид – кислица обыкновенная (*Oxalis acetosella* L.), наибольшее проективное покрытие имела в 1998 г. (8,9%), затем оно снизилось до 5%, при этом заметно увеличилось проективное покрытие крапивы двудомной (*Urtica dioica* L.) (1,9% – 1968 г., 4% – 1998 г. 15%

– 2010 г.), следовательно, под воздействием осветления опушечные лесные (снять обыкновенная (*Aegopodium podagraria* L.) и сорные лесные (крапива двудомная) виды, приходят на смену собственно лесным. Таким образом, самоизреживание древесного яруса и осветление экотопов приводит к выпадению из травостоя лесных тенелюбивых видов, таких как кислица обыкновенная, пролесник многолетний (*Mercurialis perennis* L.), что наблюдается и на других пробах, создавая негативные условия для возобновления ясенников.

В первом ярусе ясенника кисличного типа осталось всего 2 дерева ясеня на гектар, в снытевом и папоротниковом по 30 шт/га, во втором ярусе довольно активно произрастает ольха черная (*Alnus glutinosa* (L.) Gaertn.), ильм (*Ulmus glabra* Huds.) и клен (*Acer platanoides* L.), а ясеня очень мало, причем, в подросте преобладает ясень, высотой до 50 см, он хорошо возобновляется, являясь доминантом, однако, в возрасте не более 10 лет, отмирает на всех ТПП почти полностью, так как не выдерживает затенения полога, оставаясь только в окнах. Следовательно, после этапа длительного и устойчивого господства в фитоценозе ясеня, прервалась цепь его естественного возобновления.

Общая фитопатологическая картина усыхания ясенников в ББЗ складывается следующим образом: корни деревьев всех категорий состояния поражены двумя типами гнилей. В центральной древесине развивается бурая гниль и поднимается в ствол на высоту до двух метров, не затрагивая жизненно-важных заболонных частей древесины. Белая гниль поднимается от пораженных корней по стволу, убивая живые клетки камбия, луба и заболони, поверхность коры приобретает

более темный цвет, часто со следами мокрых пятен. Характер поражения древесины позволил обосновать предположение о том, что агентами патогенного процесса являются грибы из группы *Armillaria*. Исследования в других регионах Беларуси, выявили следующее: с одинаковой частотой встречаются два вида – *Armillaria borealis* (Marxm. & Korhonen) и *A. cepistipes* Velen. [1].

Наблюдения за водным режимом местности произрастания ясенников показывают, что верхняя граница капиллярной каймы в 2010 г. у находилась в гумусовом горизонте, а в 2007 г. опускалась до границы с подстилающей породой, что позволило сделать полноценный разрез и отобрать образцы на анализы. Столь заметное поднятие уровня грунтовых вод в 2010 г. вероятно, является следствием активного построения бобрами плотин на протекающем вблизи исследуемых ТПП ручье, а также связано с выпадением большого количества атмосферных осадков в первой половине лета.

В последнее 40-летие во второй половине лета наступает часто период засух, и такие колебания приводят к расшатыванию экосистем ясеневых лесов, так как за первую половину лета в условиях хорошего увлажнения древостой наращивает листовую массу кроны, а в засушливый период не всегда может обеспечить ее водой.

Можно сказать, что дальнейшее существование ясенников на исследуемых ТПП весьма проблематично. Флуктуационные изменения погодных условий, способствуют дегенеративным процессам, а не устойчивому обороту поколений, произрастающих здесь поддоминантных широколиственных лесов.

Список литературы

1. Звягинцев В.Б., Сазонов А.А. Динамика жизнеспособности деревьев ясеня в очагах армилляриоза // Сб. тр. БГТУ, сер. «Лесное хозяйство». – Минск, 2007. – Вып. XIV. – С.263–269.
2. Романова М.Л., Звягинцев В.Б., Беломесяцева Д.Б. Влияние водного режима почв на фитосанитарное состояние ясеневых лесов ГНУ «Березинский биосферный заповедник» // Ботаника (исследования): сб. науч. тр./ Нац. акад. наук Беларуси [и др.]. – Минск, 2009. – Вып. 37. – С. 232–252.
3. Романова М.Л., Андреева В.Л. Структура почвенного покрова и геосистемы Березинского биосферного заповедника // Почвоведение. – 2003. – №5. – С.543–549.
4. ТКП 026-2006 (02080) Устойчивое лесоуправление и лесопользование. Санитарные правила в лесах Республики Беларусь. – Минск: Минлесхоз, 2006. – 32с.
5. Юркевич И.Д., Адерихо В.С. Типы и ассоциации ясеневых лесов. – Мн. – 1973. – 254 с.

ПРОБЛЕМАТИКА СОЗДАНИЯ ПЛАНА УПРАВЛЕНИЯ БОЛОТОМ (НА ПРИМЕРЕ БОЛОТА ПОДВЕЛИКИЙ МОХ, БЕЛАРУСЬ)

В.А. Сипач¹, О.В. Созинов²

¹Научно-инженерное РУП «Геоинформационные системы», Минск, Беларусь, slava-sipach@tut.by

²Гродненский государственный университет имени Янки Купалы, Гродно, Беларусь, o.sozinov@grsu.by

Рассмотрены вопросы подготовки проекта плана управления болотом Подвеликий Мох (Ганцевичский район Брестской области Беларуси). Описан процесс подготовки картографических материалов и установление его границы. Предложены подходы к решению проблемных моментов при создании границ болотных массивов и разработке картографических материалов.

Экологическое право относительно болотных экосистем в Беларуси впервые оформилось в виде постановления Совета Министров Республики Беларусь от

30 декабря 2015 г. № 1111 «О некоторых вопросах в области сохранения и рационального (устойчивого) использования торфяников» [1], в котором утверждались:

стратегия сохранения и рационального (устойчивого) использования торфяников и схема распределения торфяников по направлениям использования на период до 2030 г. В дальнейшем Палатой представителей 19 ноября 2019 г. принят Закон «Об охране и использовании торфяников» (18 декабря 2019 г. № 272-З). Настоящий Закон устанавливает правовые основы охраны торфяников, рационального (устойчивого) использования их ресурсов и *направлен на сохранение болот, сохранение, восстановление биосферных функций болот*, удовлетворение экономических и иных потребностей в этих ресурсах настоящего и будущих поколений, а также на реализацию прав граждан на благоприятную окружающую среду и природопользование, международных договоров Республики Беларусь в этой области [2].

В 2020 г. выходит постановление Совета Министров Республики Беларусь «О порядке разработки и утверждения планов управления болотами (25 мая 2020 г. № 313), в котором утверждается «Положение о порядке разработки и утверждения планов управления болотами» [3]. Согласно Положению при подготовке проекта плана управления болотом разрабатывается научное обоснование, которое должно содержать, в том числе: общую информацию о болоте (реестровый номер, тип, категория, наименование, если оно имеется, месторасположение, *границы и площадь болота, гидрологической буферной зоны естественного болота, дата, регистрационный номер и название решения областного исполнительного комитета, которым утверждены границы торфяника, гидрологической буферной зоны естественного болота*).

В 2023 г. коллектив авторов Гродненского государственного университета имени Янки Купалы и научно-инженерного республиканского унитарного предприятия «Геоинформационные системы» НАН Беларуси разрабатывал по заказу Ганцевичского районного исполнительного комитета проект плана управления болотом Подвеликий Мох, включая меры, направленные на сохранение, восстановление биосферных функций болот, рациональному (устойчивому) использованию его ресурсов. Проект плана управления предлагался разработать для болота Подвеликий Мох, кадастровый номер 145, расположенного в Ганцевичском районе Брестской области. Площадь болота 5552 га.

На первом этапе работы по созданию плана управления болотом необходимо было установление границ болота в нулевых отметках, т.к. решение областного исполнительного комитета, которым утверждены границы торфяника отсутствовало. В статье 1, п. 8 Закона Республики Беларусь «Об охране и использовании торфяников» № 272-З от 18 декабря 2019 г., определение границы торфяника сформулировано как: «Граница торфяника – определяемая по нулевой глубине залегания торфа условная линия на поверхности земли и проходящая по этой линии условная вертикальная плоскость, отделяющая торфяник от других природных (природно-антропогенных) комплексов, антропогенных объектов». Доступный картографический материал по болоту был мелкомасштабный и не давал возможности провести реальные границы болота. В паспорте торфяника приведен рукописный схематический план торфяного месторождения в масштабе 1:100000 с устаревшей квартальной сетью (рисунок 1). Карто-

схема расположения торфяников Ганцевичского района также не позволяет провести точные границы при установленной площади болота (5552 га) (рисунок 1). Границы болота с паспорта и с картосхемы не совпадают. Это одна из основных проблем которая возникла при составлении проекта плана управления болотом – отсутствие четко обозначенных границ на картографическом материале, официально принятом на уровне облисполкома. В связи с ограниченным временем на разработку плана управления и необходимостью свести всю имеющуюся информацию по границам болота Подвеликий Мох вместе, нами принято решение о использовании географической информационной системы (далее – ГИС) и создании единого ГИС-проекта для подготовки предварительной границы болота по нулевой глубине залегания торфа в пределах определенной площади по данным Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь, которая, в дальнейшем, была дополнительно проверена в полевых условиях. Для этого использовались следующие данные:

- план болота из паспорта торфяника;
- картосхема расположения торфяников Ганцевичского района;
- планы лесонасаждений Борковского и Хотыничского лесничества ГЛХУ «Ганцевичский лесхоз» Брестского ГПЛХО лесоустройств 2009 г. и 2018 г.;
- планы распределения территории Борковского и Хотыничского лесничества ГЛХУ «Ганцевичский лесхоз» Брестского ГПЛХО лесоустройства 2018 г.;
- планы природоохранных лесов Борковского и Хотыничского лесничества ГЛХУ «Ганцевичский лесхоз» Брестского ГПЛХО лесоустройства 2018 г.;
- поведельная база данных Борковского и Хотыничского лесничества ГЛХУ «Ганцевичский лесхоз» Брестского ГПЛХО на 2022 г.;
- данные о распространении на территории болота редких и типичных биотопов;
- геоданные о населенных пунктах;
- геоданные о водотоках и водоемах;
- геоданные о дорожной-тропиночной сети;
- данные дистанционного зондирования Земли с картографических сервисов Google и ArcGIS Living Atlas of the World.

Проблемой при сведении материала в единый проект являлось разнообразие исходного материала и его представление (цифровой и бумажный вид), так как они готовятся разными государственными органами и их подведомственными организациями на основе своих ТКП, что не позволяет легко и быстро (без дополнительных манипуляций) объединить весь материал в единый проект. Прежде всего часть картографического материала представлена в виде баз геоданных и векторных слоев, что с одной стороны облегчало работу, но так как материалы представлены в различных системах координат и проекциях, а также исходно подготовлены в разных масштабах, то пришлось все привести к единой проекционной системе координат и единому масштабу. Значительная часть базовых карт были на бумажных носителях или в виде растровых сканированных изображений без картографической привязки, что потребовало дополнительное время для их увязки с остальными материалами.

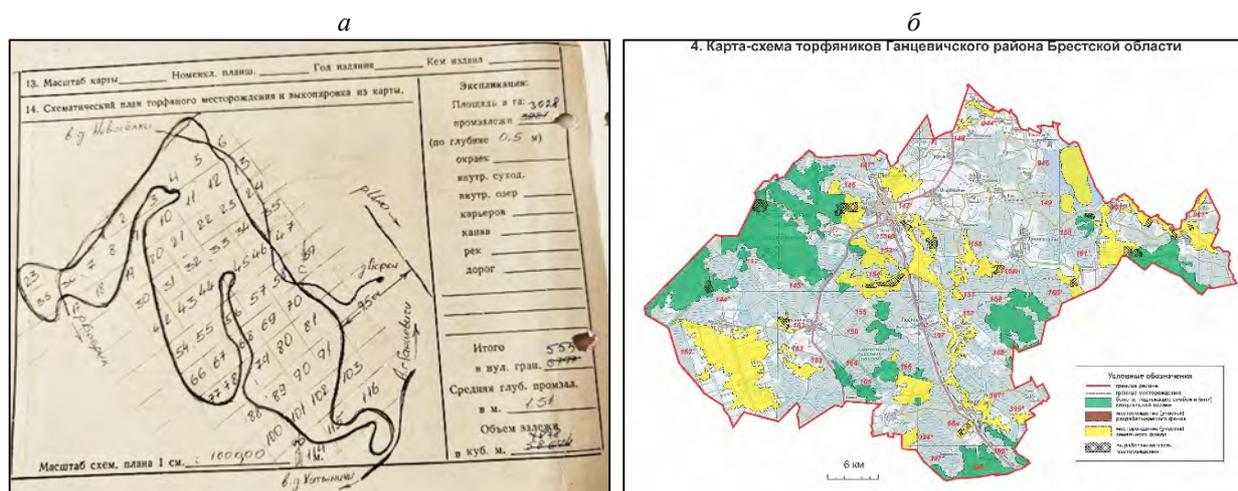


Рисунок 1 – Схематический план торфяного месторождения Подвеликий мох (а) и картосхема торфяников Ганцевичского района (б)

При определении границы болот большую роль имели материалы лесоустройства. По ним можно было предварительно определить нахождение участков с болотными типами леса. Однако данные за два последних тура лесоустройства на отдельные участки (выдела) разительно отличались, поэтому в дополнение к ним использованы высокоточные разновременные данные дистанционного зондирования Земли, для уточнения предварительной границы болота.

На основе сведенного материала в ГИС специалисты подготовили векторный слой предварительной границы болота Подвеликий Мох.

В рамках проведения полевых работ по проекту предполагалось не только уточнить границы болота Подвеликий Мох, но и проверка существующих и выявление новых мест произрастания видов растений и мест обитания видов животных, включенных в Красную книгу Республики Беларусь, а также расположения редких и типичных биотопов. Для этого в ГИС была добавлена соответствующая информация. Однако и на этом этапе были сложности, так как картографическая и атрибутивная информация различались в описании точного местонахождения видов растений и животных (данные по старому лесоустройству). Также были выявлены нестыковки границ типичных болотных биотопов (верховые болота) и данных лесотаксации.

После сведения всех материалов нами определены участки для посещения в натуре. Для повышения эффективности работы в полевых условиях на основе ГИС была подготовлена мобильная ГИС для мобильных устройств (смартфон или планшет) – это позволило эффективнее ориентироваться специалистам в полевых условиях, а также просматривать весь материал для уточнения маршрутов обследования и вносить данные в базу данных непосредственно в поле.

В итоге на основе исходных картографических и описательных материалов, а также проведенных полевых исследований создана итоговая граница болота Подвеликий Мох в цифровом векторном виде. Используя эту границу, были подготовлены все картографические материалы необходимые для плана управления.

При подготовке карта-схемы «Положение болота Подвеликий Мох в системе ООПТ Республики Бела-

рус» нами также выявлены нестыковки картографических материалов от разных ведомств (рисунок 2). Границы заказника республиканского значения «Подвеликий мох» отличаются в бумажном варианте дела о внесении в реестр АТЕ и ТЕ и данными предоставляемыми Национальным кадастровым агентством. Объекты Изумрудной сети на основе данных The Emerald Network Viewer Конвенции о сохранении дикой природы и естественной среды обитания в Европе [4] и Рамсарских угодий на основе данных Ramsar Sites Information Service (Конвенция о водно-болотных угодьях) [5] имеют сходные границы и должны частично совпадать с границей заказника, но имеют смещения по отношению к нему и между собой. Мы предположили, что при их создании использовались мелкомасштабные картографические материалы и границы при их установлении рисовались на основе привязанных бумажных карт в ГИС и без учёта уже имеющихся границ.

В процессе работы нами определено, что болотный массив Подвеликий Мох входит на 68,8% в состав республиканского гидрологического заказника «Подвеликий Мох». В пределах болота Подвеликий Мох площадь Рамсарской территории составляет 4993,38 га (89,9%), площадь заказника «Подвеликий Мох» равна 3817,56 га (68,7%) и площадь Изумрудной сети 5091,55 га (91,7%).

После подготовки всех картографических и описательных материалов нами подготовлен проект Плана управления болотом Подвеликий Мох, который был передан заказчику – Ганцевичскому районному исполнительному комитету. В состав Проекта вошли следующие картографические материалы:

- Карта-схема 1 – Категории и виды земель территории болота Подвеликий Мох;
- Карта-схема 2 – Категории лесов и сведения о лесных насаждениях болота Подвеликий Мох;
- Карта-схема 3 – Особо охраняемые природные территории болота Подвеликий Мох;
- Карта-схема 4 – Места обитания диких животных и места произрастания дикорастущих растений, относящихся к видам, включенным в Красную книгу Республики Беларусь, болота Подвеликий Мох;
- Карта-схема 5 – Места размещения объектов инфраструктуры туризма болота Подвеликий Мох;

- Карта-схема 6 – Биотопы болота Подвеликий Мох, охраняемые в рамках национального законодательства (ТКП 17.12-06-2021 (33140)); места установки информационных знаков;

- Карта-схема 7 – Приоритетные места сбора, заготовки дикорастущих растений (клюква болотная) и их частей на территории болота Подвеликий Мох;

- Карта-схема 8 – Места размещения временного хранения отходов до их перевозки на объекты захоронения, обезвреживания отходов или на объекты по использованию отходов на болоте Подвеликий Мох;

- Карта-схема 9 – Участки, на которых запланировано проведение мероприятий по управлению ценными природными комплексами и объектами болота Подвеликий Мох;

- Карта-схема 10 – Пункты наблюдений в рамках комплексного мониторинга торфяников на болоте Подвеликий Мох.

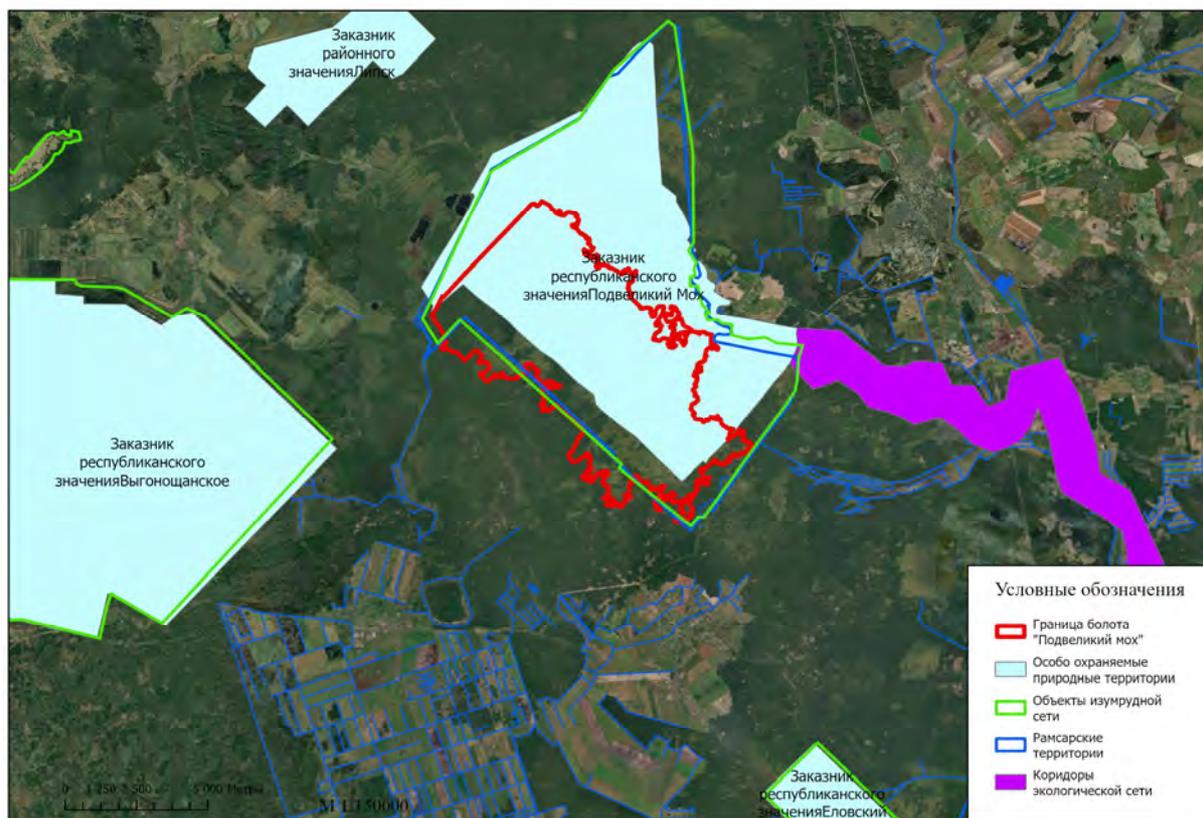


Рисунок 2 – Положение болота Подвеликий Мох в системе ООПТ Республики Беларусь [6]

В начале октября 2023 г. успешно проведены общественные обсуждения проекта плана управления болотом Подвеликий Мох на базе Ганцевичского районного исполнительного комитета (г. Ганцевичи). В дальнейшем план управления был согласован всеми землепользователями, контролирующими и исполнительными органами власти. Реализация плана управления – 2024–2028 гг., продолжительность 5 лет.

По итогу подготовки плана управления болотом Подвеликий Мох хотелось бы осветить проблемы и высказать предложения по совершенствованию разработки планов управления болотами.

На сегодняшний день нет четко установленных подходов и правил по разработке планов управления болотами. Чаще всего используется подход, применяемый при подготовке научного и технико-экономического обоснования объявления, преобразования и прекращения функционирования особо охраняемой природной территории, что не в полной мере соответствует задачам стоящих при разработке плана управления болотом. Поэтому планы управлений болотами для различных болот отличаются в наборе картографического и описательного материала. В связи с этим назрела необ-

ходимость разработки технического кодекса установившейся практики по разработке планов управления болотами в котором будут четкие требования к созданию картографических материалов (перечень карт, масштабов, систем координат, наборов данных для подготовки карт, условные обозначения) и перечень правил по подготовке констатирующей и директивной части плана управления болотом.

При подготовке плана управления болотом предпочтительно использовать материалы действующего и предшествующего лесоустройств, что поможет избежать ошибок при определении существующих мест произрастания видов растений и обитания видов животных, включенных в Красную книгу Республики Беларусь, а также для уточнения границ болот подлежащих охране.

В связи с большой разобщенностью границ ООПТ, водно-болотных угодий, объектов Изумрудной сети и болот, Министерству природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь необходимо с заинтересованными государственными учреждениями провести работу по уточнению и приведению в соответствие всех вышеуказанных границ, в первую очередь определение нулевых границ болот.

Список литературы

1. О некоторых вопросах в области сохранения и рационального (устойчивого) использования торфяников [Электронный ресурс]: Постановление Совета Министров Республики Беларусь от 30 декабря 2015 г. № 1111. // Режим доступа: <https://pravo.by/document/?guid=12551&p0=C21501111&p1=1>. – Дата доступа: 01.07.2024.
2. Об охране и использовании торфяников [Электронный ресурс]: Закон Респ. Беларусь от 18 декабря 2019 г. № 272-3. // Режим доступа: <https://pravo.by/document/?guid=12551&p0=H11900272&p1=1>. – Дата доступа: 01.07.2024.
3. О порядке разработки и утверждения планов управления болотами [Электронный ресурс]: Постановление Совета Министров Республики Беларусь от 25 мая 2020 г. № 313. // Режим доступа: <https://pravo.by/document/?guid=12551&p0=C22000313>. – Дата доступа: 01.07.2024.
4. The Emerald Network Viewer [Электронный ресурс] // Режим доступа: <https://emerald.eea.europa.eu/>. – Дата доступа: 01.07.2024.
5. Ramsar Sites Information Service [Электронный ресурс] // Режим доступа: <https://rsis Ramsar.org/>. – Дата доступа: 01.07.2024.
6. Картографический материал для плана управления болотом Подвеликий Мох. Приложение к Плану управления болотом Подвеликий Мох [Электронный ресурс] // Режим доступа: <http://gantsevichi.brest-region.gov.by/uploads/files/KARTOGRAFICHESKIJ-MATERIAL-Podvelikij-Mox-2023.pdf>. – Дата доступа: 01.07.2024.

РАЗНООБРАЗИЕ ВЕРХОВЫХ БОЛОТ ЛЕНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ И ИХ БОТАНИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКОЕ ПОЛОЖЕНИЕ

В.А. Смагин

Ботанический институт имени В.Л. Комарова РАН, Санкт-Петербург, Россия, smagin.mire@gmail.com

Ленинградская область в силу географического положения, отличается разнообразием болот и болотной растительности, в том числе зонального типа болот – верховых грядово-мочажинных. При районировании болот ее территория включалась в состав разных болотных провинций, названия и границы которых у их авторов не совпадали. Мы, на основании исследований последних лет относим ее к двум болотным провинциям, расходимся с выделением некоторых провинций и вносим коррективы в проведение их границ. Болота области за последнее столетие претерпели антропогенную трансформацию, изменившую в ряде районов их состояние, занимаемую площадь вплоть до полного исчезновения. В настоящее время заметным фактором, влияющим на болота, становится жизнедеятельность канадского бобра.

Ленинградская область – один из самых изученных в отношении болот и болотной растительности регионов России и, казалось бы, про ее болота все известно. Тем ни менее оказывается, что не все. Кроме того, в настоящее время проявляются процессы, воздействующие на болота и их растительность.

До сих пор остаются неясности в ботанико-географическом районировании болот России в целом, и Ленинградской области в частности, к каким болотным провинциям относится территория области и где проходят границы провинций. Тем более, нельзя считать завершенным районирование болот области. Новая информация о болотах области постоянно появляется в ходе полевых исследований. Помогают в ее получении и ставшие доступными космические снимки. Болота области претерпевают изменения из-за антропогенной нагрузки, оказываемой целенаправленно или как побочный эффект той или иной хозяйственной деятельности. Она приводит к изменению облика болот и состава болотной растительности на больших площадях. В последнее время на болота влияет деятельность канадского бобра, приводящая к трансформации небольших массивов, преимущественно приречных и приозерных, низинного и переходного типов, но затрагивающая и крупные верховые болотные массивы и их системы. Причем, чаще системы, т.к. в основном на болотных системах зарождаются реки и ручьи, где и поселяются бобры. Благодаря их «гидротехническим работам» преобразовываются большой площади участки болот.

Верховые болота континентальной части Европейской России подразделяются на две группы: с плоской

или слабовыпуклой и с выпуклой поверхностью [8, 9]. Массивы с плоской поверхностью, за исключением находящихся в глубоких западинах, по всей площади покрыты сосново-кустарничково-сфагновыми сообществами. Выпуклые грядово-мочажинные болота – зональный тип болот южной половины таёжной зоны, по площади преобладают среди болот области. Они характеризуются сложной структурой болотных участков (микрорландшафтов) и растительности, по большей части, имеющей комплексный характер. Среди выпуклых болот различают резковыпуклые, пологовыпуклые и плосковыпуклые массивы [3, 6]. На территории области – резковыпуклые и пологовыпуклые. Примеров типичных плосковыпуклых массивов в области нет. На ряде массивов отмечены лишь отдельные, свойственные им микрорландшафты. Различаются резковыпуклые и пологовыпуклые массивы не только профилем торфяного тела, но и составом и площадным соотношением различных растительных сообществ и их комплексов [6]. Большинство крупных болотных систем состоит из пологовыпуклых болотных массивов.

При ботанико-географическом районировании, выделении болотных провинций, болота Ленинградской обл. разные авторы включали в состав нескольких провинций. По Н.Я. Кацу в состав: Ленинградской приморской; юго-восточной Финляндии и Карельского перешейка; Ладожско-Ильменско-Западнодвинскую провинции [4, 5]. По М.С. Боч, В.В. Мазингу [2] в состав: южнокарельской; балтийской прибрежной и восточноприбалтийской провинции. По приводимым авторами районирования признакам болотных провинций возникают

вопросы. Бросается в глаза, что перечисляемые ботанические признаки соседних провинций в большинстве своем перекрываются, а внутри крупных провинций наблюдаются существенные региональные различия.

Ленинградская приморская провинция, выделяется Н.Я. Кацем на основании работы И.Д. Богдановской-Гиенэф [1] с указанием едва ли не главным её признаком лишайниково-сфагновых гряд. Кроме того, провинцию характеризует доминирование на грядах *Calluna vulgaris*, *Sphagnum fuscum*, а в мочажинах *Sph. balticum* и *Scheuchzeria palustris*. При этом на соседней странице, среди признаков Ладожско-Ильменско-Западнодвинской провинции повторяется сказанное про *Calluna vulgaris*, *Sphagnum fuscum*, с добавлением увеличения роли *Sph. rubellum*, и указывается что в мочажинах *Sph. balticum* и *Sph. majus* уступают место *Sph. cuspidatum*, а *Scheuchzeria palustris* – *Rhynchospora alba*. Писалось это применительно к западным районам провинции, дифференцируя от Печорско-Онежской провинции, не замечая нестыковки с признаками приморской провинции. М.С. Боч и В.В. Мазинг [2] отдельной приморской провинции в границах области не выделяют, включая болота южного побережья Финского залива в состав Балтийской прибрежной провинции. Охватывающей побережье Балтики от Калининградской обл., до восточной оконечности Финского залива. Впрочем, из картосхемы, приведенной на стр. 94 [2] понять, где проходит восточная граница провинции невозможно, в тексте же она не оговаривается. Характеризуется провинция так: «верховые болота платообразные, часто с крутыми склонами. На грядах обильны *Calluna vulgaris*, *Sphagnum magellanicum*, *Sph. rubellum*, нет *Chamaedaphne calyculata*. В мочажинах – *Sphagnum cuspidatum*, *Sph. balticum*, *Sph. tenellum*. Характерны *Eriophorum vaginatum* и *Trichophorum cespitosum*. На мезотрофных болотах часто встречается *Myrica gale*. Евтрофные болота отличаются набором атлантических и центрально-европейских видов». Эта характеристика соответствует западной Эстонии, на территории Ленинградской области она проявляется в минимальной степени. Сама И.Д. Богдановская-Гиенэф [1] описывая верховые болота Русской Прибалтики, не считала их относящимися к отдельной провинции, лишь фиксируя их отличия от болот Скандинавии, описанных к тому времени в ряде широко известных монографий. Другим районом, попадающим в разные болотные провинции, оказался Карельский перешеек. Н.Я. Кац [4, 5] отнес его к провинции верховых болот юго-восточной Финляндии и Карельского перешейка Его характеристика: ведущее место грядово-мочажинных болот, с преобладанием *Sphagnum fuscum* и *Calluna vulgaris* на грядах и *Sph. balticum* с *Scheuchzeria palustris* в мочажинах. М.С. Боч и В.В. Мазинг [2] – к южнокарельской провинции, с характеристикой: преобладание на грядах *Sphagnum fuscum*, *Rubus chamaemorus*, *Calluna vulgaris*. В мочажинах: *Eriophorum vaginatum*, *Scheuchzeria palustris*, *Sphagnum balticum* и *Sph. majus*. Большая часть области Н.Я. Кацем включалась в Ладожско-Ильменско-Западнодвинскую провинцию: «на грядах преобладает *Sphagnum fuscum*; внешний, беловатый аспект гряд, определяемый *Calluna vulgaris*, *Eriophorum vaginatum* и *Andromeda polifolia*, в отличие от зеленовато-бурого на печорско-онежских болотах, определяемых *Chamae-*

daphne calyculata и *Ledum palustre*»; 3) в доминировании на большей части провинции на грядах *Calluna vulgaris*. Написанное про западную часть провинции приведено выше. М.С. Боч и В.В. Мазинг [2] включали её в восточноприбалтийскую провинцию: преобладание на грядах *Sphagnum fuscum*, *Chamaedaphne calyculata*, *Calluna vulgaris* (почему-то указанного для северной части), *Ledum palustre*. Эти признаки, перекрываются с характеризующими соседние провинции. От Северо-Восточноевропейской провинции (Печорско-Онежской) отличается нахождением на территории последнего оледенения и высокой долей болот в общей площади (до 30%), заметной выпуклостью болот.

Из приведенной выжимки характеристик болотных провинций видно, что четкого их разграничения по признакам растительности нет. Имеют место перекрытия и даже противоречия.

Проведенные исследования болот южного побережья Финского залива ставят под вопрос выделение отдельной Ленинградской приморской провинции. Здесь встречаются и резковыпуклые, и пологовыпуклые массивы. По составу растительности болота южного побережья принципиальных отличий от болот остальной части западной половины области не имеют. На грядах за очень редким исключением доминирует *Sphagnum fuscum*, в подавляющем числе сообществ при участии *Sph. divinum* и *Sph. angustifolium*. В небольшом количестве встречается *Sph. rubellum*. В травяно-кустарничковом ярусе преобладают *Calluna vulgaris* и *Eriophorum vaginatum*. *Chamaedaphne calyculata* и *Empetrum nigrum* встречаются постоянно. *Betula nana* отличает локальный характер распространения. Массивы имеют выраженный склон, занятый «лесным кольцом». Крайний ряд растительности зависит от ландшафтного окружения и может состоять из сообществ, свойственных участкам разной трофности, обводненный прибрежный лагт выражен далеко не везде.

На болотах приморской низменности встречаются *Sphagnum medium* и *Sph. tenellum*, но не часто. Лишайников на грядах практически нет, во всяком случае, не больше чем на крупных болотных системах западной половины области. В мочажинах моховой ярус образуют *Sphagnum balticum*, *Sph. cuspidatum*, *Sph. majus*, *Sph. jensenii*. От болот Балтийской прибрежной провинции отличаются присутствием *Chamaedaphne calyculata*, отсутствием *Trichophorum cespitosum* и гряд, покрытых *Sphagnum magellanicum* (без уточнения современного названия вида). Минеротрофные болота с *Myrica gale*, как и евтрофные болота с набором атлантических и центрально-европейских видов, редки. Заходит ли восточный край балтийской прибрежной провинции на территорию области, предстоит выяснить, так как болота Нижне-Лужской низменности остаются со времени И.Д. Богдановской-Гиенэф неисследованными. Возможно вопрос и не получит решения из-за антропогенной трансформации болот этого района.

Болота на большей части площади Карельского перешейка, сходны с болотами западной половины области к югу от р. Невы и по типу массивов и составу растительных сообществ. Преобладают сосново-кустарничково-сфагновые массивы, выпуклых грядово-мочажинных на перешейке заметно меньше, а болотных систем еще меньше. Болотные системы представлены в

юго-восточной, а главным образом в северо-западной части перешейка. Большая часть болот перешейка, так или иначе пострадали от хозяйственной деятельности человека. Особенно сильно сократилась площадь болот в юго-восточной части перешейка и в Приневской низменности, где активно велась торфодобыча.

Последние исследования показали [7], что в ботанико-географическом отношении особняком стоят болота северо-запада перешейка, среди которых много пологовыпуклых, с центральной частью занятой грядово-озерковыми участками без четкой ориентации форм микрорельефа. Ряд массивов отдельными признаками похож на плосковыпуклые болота Балтийской прибрежной провинции. На них встречены участки высокого и крутого склона, поросшего сосняком багульниково-сфагновым. Часто и местами обильно на коврах и мочажинах произрастает *Trichophorum cespitosum*, встречающийся и на грядах. Отсутствует *Chamaedaphne calyculata* за исключением сосново-кустарничково-сфагновых сообществ. Безраздельно доминирует *Calluna vulgaris* на грядах и *Rhynchospora alba* в мочажинах, а в моховом покрове мочажин часто доминирует *Sphagnum tenellum* и редко *Sph. majus*. На грядах отмечено доминирование *Sphagnum rubellum*, на коврах – *Sph. medium*. Эти болота следует включать не только в состав отдельного болотного района, но и болотной провинции. Тем более, что на нижней приморской террасе располагаются переходные и низинные болота с *Myrica gale*, местами обильной. По-видимому, к предложенной Н.Я. Кацем провинции болот южной Финляндии и Карельского перешейка. Хотя признаки ее будут иные, чем указанные автором названия [5], у которых они полностью совпадают с признаками Ладожско-Ильменско-Западнодвинской провинции. Верховые болота остальной части перешейка не отличаются от таковых в западной половине области, характеризующейся преобладанием «западнорусских верховых болот» [9].

Болота Ленинградской области, к востоку от р. Волхов, отличаются от болот западной части области. Прежде всего, отсутствием *Calluna vulgaris*. В глубоких мочажинах преобладают *Sphagnum majus*, *Scheuchzeria palustris*, редко встречаются *Sph. cuspidatum* и *Rhynchospora alba*. В большинстве мочажин, как и на всех болотах области, доминирует *Sph. balticum*. На плоских междуречьях рек Волхов, Сясь и Паша, болотные массивы слились в обширные системы. Большинство которых сложные, состоящие из разнотипных болотных массивов. Преобладают по площади верховые, резко и пологовыпуклые, но есть многочисленные, меньшие по площади, переходные и низинные. Эти болотные системы отличает сложная гидрографическая сеть: многочисленные первичные и вторичные озера и разнообразные топи. Площадь топяных участков велика. Наиболее часто представлены топи выклинивания, образующиеся на склонах массивов, обширные, дающие начало большому числу рек. По занимаемой площади топи соразмерны с грядово-мочажинными участками, озерков здесь сравнительно мало, они образуют скопления на склонах массивов и вокруг вторичных озер. Болотные системы в ряде мест надвигаются на окружающий лес, чему способствуют обширные вырубки. По их краям образуются переходные массивы, где домини-

руют *Chamaedaphne calyculata*, *Carex rostrata*, *Sphagnum fallax*.

По восточной границе области расположена Вепсовская возвышенность, перехватывающая переносимые с запада осадки, пологие склоны которой сильно заболочены. Преобладают грядово-мочажинные болота с той же растительностью, что и в равнинной части области, но обладающие спецификой за счет гипсометрического положения, террасированного рельефа и обилия осадков. На многих массивах, площадь транзитных топей и топей выклинивания соразмерна и превышает площадь грядово-мочажинных участков. Поверхность топей может быть, как ровной, без микрорельефа, так и структурированной. Причем на них проявляются своеобразные формы микрорельефа и типы болотных участков: коврово-мочажинные; коврово-озерковые; грядово-мочажинные с низкими грядами, где вместо высоких кустарничков доминирует *Andromeda polifolia*. Специфика растительности этих болот проявляется в составе растительных сообществ и образуемых ими комплексов. Но не столь за счет иного видового состава, хотя и его тоже, а нетипичного состава доминантов. Свообразие им, на ряде массивов, придает и сочетание форм микрорельефа разной трофности, включая и соответствующие признакам аапа типа. Большинство болот слились в болотные системы, причем зачастую включающие массивы на разных террасах. Видимо благодаря обилию выпадающих осадков, здесь вновь появляются некоторые океанические виды, такие как *Trichophorum cespitosum*, *Sphagnum tenellum* и *Sph. rubellum*. Вепсовскую возвышенность следует считать отдельным болотным районом.

С востока Ладожско-Ильменско-Западнодвинская (Востоноприбалтийская) провинция граничит с Печорско-Онежской (Северо-Восточноевропейской), причем различия между болотами провинции в изложении авторов районирования расплывчаты. Во всяком случае, по приводимым ботаническим признакам четкости нет. Общие признаки провинции: на грядах преобладает *Sphagnum fuscum*, *Chamaedaphne calyculata* и *Ledum palustre*, в мочажинах: *Scheuchzeria palustris*, *Sphagnum balticum*, *Sph. majus*. Различаются провинции отсутствием субокеанических видов *Calluna vulgaris* и *Sphagnum cuspidatum* в Печорско-Онежской и их произрастанием, как и *Sph. rubellum* в Востоноприбалтийской, как и доминированием в мочажинах *Rhynchospora alba*.

Различия между этими болотными провинциями прослеживаются не по растительности, а по ландшафтно-геоморфологическим признакам. По занимаемой болотами площади, варьирующей от 10% в Востоноприбалтийской до ничтожной доли в Северо-Восточноевропейской провинции, однако с оговоркой, что в отдельных районах последней до 50%. По выпуклости центра массива, возвышающегося над окраинами от 8,5 м в первой до 3,5 м во второй. Признак на глаз едва уловимый. Главный, четко сформулированный признак, палеогеографический. Границы Востоноприбалтийской провинции определяются границами последнего оледенения. Н.Я. Кац [5] проводил западную границу Печорско-Онежской провинции по восточному краю Фенноскандии, через Онежское озеро, далее на юг через Белое озеро, от него загибая на восток к Уралу. То есть в нескольких сотнях километров к вос-

току от границы Ленинградской области. Болота восточной части области по многим признакам растительности напоминают таковые Печорско-Онежской провинции Н.Я. Каца. Т.К. Юрковская [9], отмечая существенные различия в растительности печорско-онежских верховых болот по разные стороны от Северной Двины, отмечает: «у болот, находящихся к западу от неё просматриваются сходства с болотными массивами северозападноевропейской группы» (стр. 321 [9]) (болот Восточноприбалтийской провинции). Болота востока Ленинградской области всеми исследователями относились к одной провинции вместе с болотами западной ее части, несмотря на существенные различия в растительности, сближающие их с растительностью печорско-онежских болот.

По нашему мнению, территория Ленинградской области входит в состав двух болотных провинций – южной Финляндии и Карельского перешейка, включающей северо-запад Карельского перешейка, и Восточноприбалтийской, обширной, выходящей далеко за пределы области. В составе Восточноприбалтийской провинции по ботанико-географическим признакам можно выделить две подпровинции или округа, собственно Восточноприбалтийский и Волховско-шекснинский. К Восточноприбалтийскому относится территория области, к западу от р. Волхов, к Волховско-шекснинскому – к востоку от р. Волхов. Болота Восточноприбалтийского округа отличают типичные черты провинции: 1. совместное произрастание на грядах *Calluna vulgaris* и *Chamaedaphne calyculata*; 2. Наличие лесного кольца на склонах; 3. Доминирование в топких мочажинах *Sphagnum cuspidatum*. Болотам по всей провинции свойственно: 1. Доминирование в средне-обводненных мочажинах *Sphagnum balticum*, в травяном ярусе чередование *Scheuchzeria palustris*, *Rhynchospora alba*, *Carex limosa*; 2. доминирование на грядах *Sphagnum fuscum*, при содоминировании *Sph. divinum* и *Sph. angustifolium*. Болота волховско-шекснинского округа отличают признаки общие с печорско-онежскими болотами: 1. отсутствие на грядах *Calluna vulgaris*; 2. отсутствие лесного кольца на склонах (меньшая выпуклость центральной части); 3. Доминирование в топких мочажинах *Sph. majus*. Отличает от печорско-онежских болот пусть нечастое, но доминирование в мочажинах *Sphagnum cuspidatum* и *Rhynchospora alba*, периодическая встречаемость *Sph. rubellum*.

Значительная часть болот области за последние 100 лет претерпели существенные изменения. Не за счет медленно протекающих эндогенных, а за счет интенсивных экзогенных процессов, вызванных антропогенным, а в последние десятилетия и зоогенным фактором. Антропогенное воздействие на болота области оказывается, как целенаправленно, так и побочно. Целенаправленное антропогенное воздействие на болота проявилось в добыче торфа проводимой разными способами и осушениями. Осушение осуществлялось для той же торфоразработки, но несостоявшейся, в лесохозяйственных целях, и, в меньшей мере, для сельского хозяйства. Чем ближе к мегаполису Ленинград / Санкт-Петербург, тем больший процент болот оказался транс-

формирован. Много болот разработано во Всеволожском и Кировском р-х области, что лишило Приневскую низменность находящихся в естественном состоянии болот. О том, какими они были, приходится узнавать из архива торфяного фонда. Осушением для целей лесного хозяйства охвачена еще большая площадь, оно велось во всех районах области, в наибольшей мере к югу от Санкт-Петербурга и на Карельском перешейке. В частности, изучение растительности болот южного побережья Финского залива затруднено трансформацией многих болот. После осушения их место занял лес, а так как большинство болот было олиготрофными, то лес оказался низкого бонитета, кустарничково-сфагновый. От осушения в целях создания с/х угодий пострадал ряд ценных для сохранения биологического разнообразия евтрофных болот, олиготрофных болот это коснулось в минимальной степени. Остальные способы воздействия: застройка, прокладка дорог, подтопление гидросооружениями имеет локальный характер. К числу видов побочного воздействия относятся пожары, возникающие на осушенных и подвергшихся торфодобыче болот, хотя и не только, а также атмосферное эвтрофирование. Последнее осуществляется за счет попадания на болото привносимой с осадками кальцийсодержащей пыли. Оно проявляется в юго-западной части области, где, как и в прилегающей к ней Эстонии, проводилась добыча и использование для ТЭЦ сланцев. К настоящему времени этот вид воздействия в основном прекращен.

Зоогенный фактор проявился в последние десятилетия и связан с расселением канадского бобра. Растительность крупных болотных массивов области до сих пор им трансформировать не удавалось, но болотные участки на ряде массивов изменены. В западных районах области воздействие бобров на болота увязано с осушительной мелиорацией человека. Бобры селятся на каналах, перекрывая их плотинами. Примером изменения растительности небольших и средних болотных массивов, являются приозерные и образовавшиеся в современное время на месте обмелевших малых озер переходные и низинные болотные массивы. Воздействие проявляется в подтоплении значительной их части, вплоть до возникновения водоема, отличного от ранее существовавшего озера. При этом происходит заболачивание прилегающего суходола, как правило, занятого лесом, с гибелью древостоя. Другим результатом жизнедеятельности бобров может стать, наоборот, понижение уровня воды в озере за счет перекрытия стока впадающей в него реки и, соответственно, уровня озерных и болотных вод, наблюдаемое нами опять-таки на приозерных массивах, дающее начало обусловленным этим сукцессиям растительности. В восточной части области воздействие бобров на болота, по большей части, не связано с рукотворными осушительными каналами. Они селятся на вытекающих с болотных систем реках и ручьях, строя на них плотины и создавая запруды, перекрывая сток с болот, вследствие чего на них создаются обводненные топи и водоемы. Этим также способствуя заболачиванию прилегающих к болотам лесов и внутриболотных островов.

Список литературы

1. Богдановская-Гиенэф, И.Д. Растительный покров верховых болот русской Прибалтики // Тр. Петергофского естественно-научного ин-та. 1928. № 5. С. 265–377.

2. Боч М.С., Мазинг В.В. Экосистемы болот СССР. 1979. Л. 186 с.
3. Галкина Е.А. Болотные ландшафты и принципы их классификации // Сб. работ БИН АН СССР, выполненные в Ленинграде за 3 года Великой Отечественной войны (1941–1943). 1946. М-Л., С. 139–156.
4. Кац Н.Я. Типы болот СССР. 1948. М. 320 с.
5. Кац Н.Я. Болота земного шара. 1971. М. 295 с.
6. Романова Е.А. Геоботанические основы гидрологического изучения верховых болот. 1961. Л. 359 с.
7. Смагин В.А., Бойчук М.А. Растительность верховых болот северо-запада Карельского перешейка (Ленинградская обл.) // Ботанический журнал. 2024. Т. 109 № 4. С.
8. Юрковская Т.К. Болота // Растительность европейской части СССР. 1980. Л. С. 300–345.
9. Юрковская Т.К. География и картография растительности болот Европейской России и сопредельных территорий. 1992. СПб. 256 с.

ПРОДУКТИВНОСТЬ РАСТИТЕЛЬНЫХ СООБЩЕСТВ ПОД ВЛИЯНИЕМ ПАЛОВ В ПРЕДЕЛАХ НИЗИННОГО БОЛОТА (ЗАКАЗНИК «СПОРОВСКИЙ», БЕЛАРУСЬ)

О.С. Смирнова, Н.А. Зеленкевич, Е.В. Мойсейчик

Институт экспериментальной ботаники НАН Беларуси, Минск, Беларусь, olia.rymsha@mail.ru

Исследовали структуру биомассы и опад болотных фитоценозов на территориях, подвергшихся действию пожара, кошения и в последующем пожара, и сравнивали между собой и с фитоценозами, на которых мероприятия не проводили. В целом, прошедшие годом ранее пожары влияют на биомассу растений, как общую, так и отдельных агроботанических групп. В результате кошения и пожара общая биомасса в два раза ниже относительно контроля, при этом доля участия злаков в фитоценозе выше. Пожар без кошения способствует разрастанию осок. Опад после пожара имеет низкие показатели массы, либо отсутствует вовсе.

Низинное болото Споровское располагается на территории республиканского биологического заказника (РБЗ) «Споровский». Цель создания особо охраняемой природной территории (1997 г.) – сохранение в естественном состоянии пойменного низинного болота, являющегося одним из крупнейших в Европе. Высокая значимость РБЗ «Споровский» для сохранения ландшафтного и биологического разнообразия подтверждается на международном уровне: территория важная для птиц международного значения (1998 г.); Рамсарское угодье (2002 г.), ядро национального значения N 15 и экологический коридор национального значения CN 19 национальной экологической сети (2018 г.) [4].

Центральная часть исследуемой территории занята осоковыми болотами (~64% территории), которые представлены производными тростниковыми, тростниково-ивняковыми и ивняковыми (24,4%) сообществами. Луговые и сельскохозяйственные земли (пашни, огороды) занимают 7,5%, леса – 17,0% [4].

Открытые низинные болота являются уникальным, но в последнее время стали исчезающим типом местообитаний. Для сохранения данных территорий и предотвращения закустаривания необходимо применять активные методы устойчивого управления, такие как уничтожение древесно-кустарниковой растительности, кошение, управляемые палы, выпас скота, вторичное заболачивание и т.п. На территории РБЗ «Споровский» реализован международный проект ПРООН-ГЭФ «Устойчивое управление лесными и водно-болотными экосистемами для достижения многоцелевых преимуществ», в рамках проекта изучены реакции растительного покрова болот на оказываемое воздействие методов управления. В данной работе показана реакция растительности под влиянием палов на участках

болота после кошения, без кошения и их сравнение с участками без мероприятий [3].

Цель исследования – изучить влияния палов на биомассу растительного покрова низинных болот.

На заложенных в рамках проводимого проекта эколого-фитоценологических профилях (ЭПР) (рисунок 1) в пределах постоянных пробных площадей (ППП) выполняли геоботанические описания, учет надземной фитомассы и опада. В исследовании представлены данные с 3 наблюдаемых ЭПР: 9 (кошение + пожар), 10 (пожар) и 1 (контроль).

В пределах ЭПР пробные площади закладывали через каждые 250–300 м и их размер на участках болот, лишенных древесного яруса, составлял 10×10 м². Напочвенный покров исследовали путем закладки на пробной площади 15 учетных площадок размером 1×1 м. При этом устанавливали видовой состав, ярусность, проективное покрытие, встречаемость, общее проективное покрытие ярусов, высоту кочек [2].

Учет надземной фитомассы напочвенного покрова производили на учетных площадках размером 50×50 см для травяно-кустарничкового и 25×25 см для мохово-лишайникового ярусов. Для этих целей срезали надземные части растений в 3-5 кратной повторности на уровне почвы. Учетные площадки располагали на ППП с учетом репрезентативности участка. Укосную массу распределяли по ботаническим группам: злаки, осоки, разнотравье, хвощи, бобовые, плауны и папоротники, мхи (зеленые и сфагновые) [1]. Образцы надземной фитомассы напочвенного покрова высушивали до воздушно-сухого состояния (ВСУ) и взвешивали на электронных весах с точностью до 0,1 г. Статистический анализ проводили в программе Statistica 10.0, оценку значимости различий – по тесту Манна-Уитни [5].

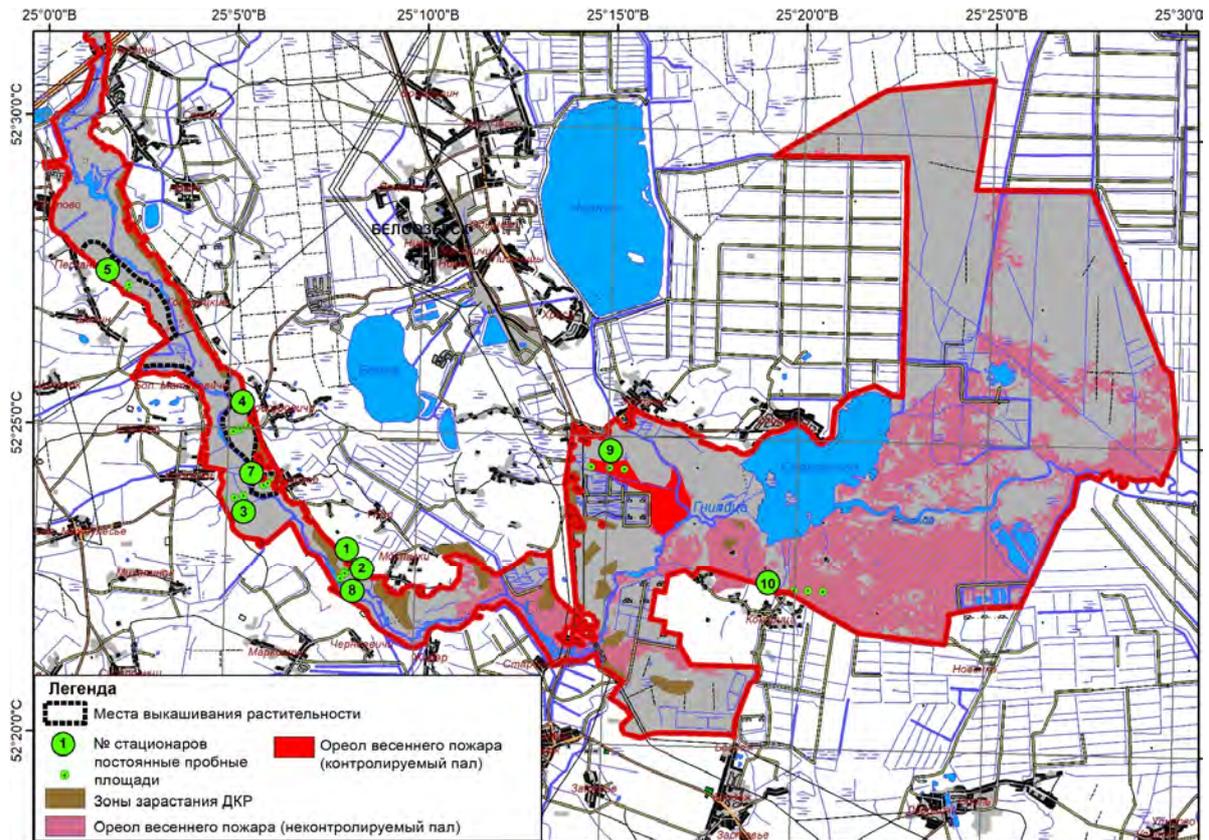


Рисунок 1 – Выполненные мероприятия по управлению экосистемами и система долгосрочного мониторинга растительности

ЭПР 9 располагается на участке низинного болота в окрестностях д. Здитово, где проводили мероприятия по кошению осенью 2019 г. и где прошел весенний естественный пожар в 2020 г.

ЭПР 10 (окрестности д. Кокорица) находится в пределах участка болота, где прошел весенний пал в 2020 г., однако мероприятия по кошению здесь не проводили (см. рисунок 1). В качестве контроля выбран участок ЭПР 1, где не отмечены весенние палы и не проводили мероприятия по кошению биомассы.

При сравнении значений по продуктивности растительных сообществ на ЭПР, подвергнувшихся выжиганию и контрольного ЭПР, очевидно, что средняя общая биомасса растений (ОБР) различается. На контрольной ЭПР 1 (без кошения и без пожара) средний показатель ОБР составляет $504,2 \pm 73,8$ г/м². В результате кошения и пожара на ЭПР 9 данный показатель существенно ниже – $253,89 \pm 24,4$ г/м². На ЭПР 10 (после пожара) средний показатель ОБР составляет $751,7 \pm 82,7$ г/м², что выше относительно ЭПР 1 и ЭПР 9 (таблица 1). Выявленные различия между средними показателями ОБР исследуемых ЭПР 9 и ЭПР 10, а также ЭПР 9 и ЭПР 1 отмечены статистически значимые различия, но не наблюдается значимых различий между ЭПР 1 и ЭПР 10, т.е. на ЭПР 10 показатель ОБР наиболее близок к контролю (ЭПР 1) (таблица 2).

При рассмотрении ботанического состава, доля осок относительно других групп значительно выше и составляет около 70% на всех исследуемых ЭПР (рисунок 2). Наименьшая средняя биомасса осок отмечена на пробе с кошением и пожаром (ЭПР 9) и составляет $180,4$ г/м². Наибольшее значение данного показателя – после пожара (ЭПР 10) – $586,80$ г/м² (см. таблицу 1).

Различия данных по средней биомассе осок между ЭПР 9 и ЭПР 10 ($p=0,02$) статистически достоверны.

Доля злаков наибольшая на ЭПР 9 и составляет 18,70%, т.е. после пожара и кошения она выше относительно контроля (ЭПР 1 – 3,18%) и после пожара без кошения (ЭПР 10 – 1,40%) (см. рисунок 2). Значение средней биомассы злаков наименьшее на ЭПР 10 (после пожара) – $10,53$ г/м². Данный показатель имеет наибольшее значение на ЭПР 9 (после кошения и пожара) – $47,47$ г/м². На ЭПР 1 (в контроле) данный показатель составляет $16,04$ г/м² (см. таблицу 1).

В пределах ЭПР 9 доля разнотравья составляет 9,80%, на ЭПР 10 – 20,54%, а максимальной доли разнотравья достигает в контроле – 30,14% (см. рисунок 2). Наивысшее значение показателя биомассы разнотравья выявлено на ЭПР 10 (после пожара) – $154,40$ г/м², наименьшее – на ЭПР 9 (после кошения и пожара) – $24,87$ г/м² (см. таблицу 1). На ЭПР 1 (в контроле) показатели биомассы разнотравья примерно такие же, как и на ЭПР 10 – $151,96$ г/м². Достоверны различия по данным показателям между ЭПР 1 и ЭПР 9 ($p=0,0157$), ЭПР 10 и ЭПР 9 ($p=0,028$).

Высота кочек на ЭПР 1 составляет $31,2 \pm 1,3$ см, на ЭПР 9 $7,9 \pm 0,6$ см и на ЭПР 10 $33,9 \pm 1,8$ см. Соответственно наблюдается уменьшение высоты кочек в результате кошения.

На ЭПР 1 значения массы опада достаточно высоки и достигают $670,04$ г/м². Количество опада в послепожарных сообществах либо незначительно (на ЭПР 9 составляет $15,20$ г/м²), либо он вовсе отсутствует (как на ЭПР 10), что связано с уничтожением большей части опада во время пожара.

Таблица 1 – Продуктивность и структура надземной биомассы растительных сообществ на пунктах мониторинга участков ЭПР 1, 9 и 10

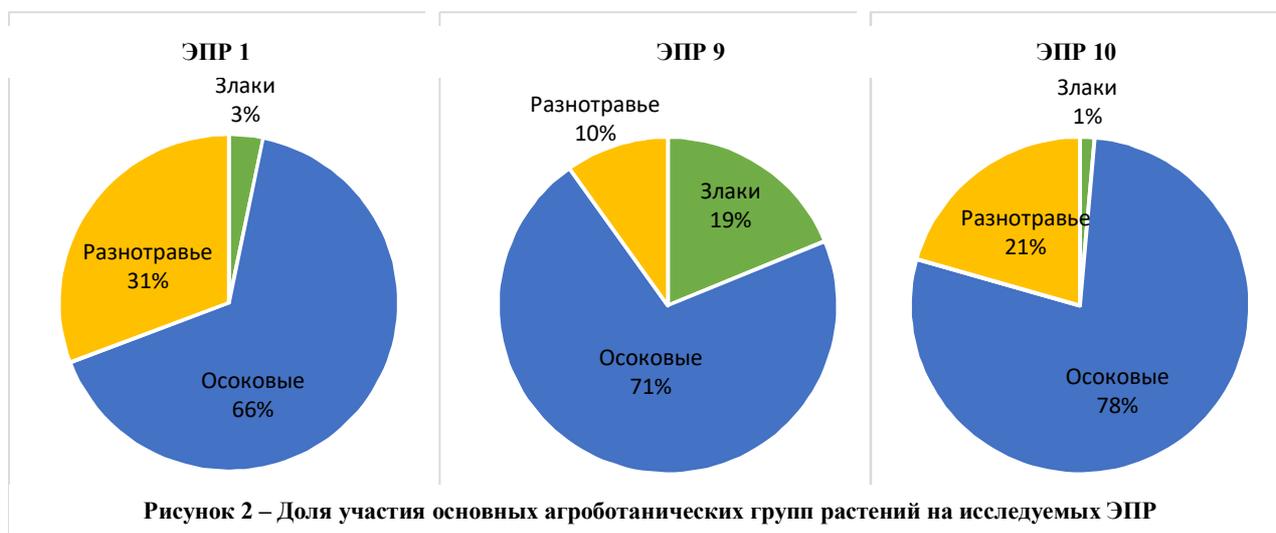
Ботанические группы	Надземная биомасса, г/м ² ВСВ			Доля в общей структуре биомассы %		
	ЭПР 1	ЭПР 9	ЭПР 10	ЭПР 1	ЭПР 9	ЭПР 10
Злаки	16,04	47,47	10,53	3,18	18,70	1,40
Осоковые	326,09	180,40	586,80	64,67	71,06	78,06
Разнотравье	151,96	24,87	154,40	30,14	9,80	20,54
Хвоши	0,18	1,13	0,00	0,04	0,45	0,00
Папоротники	9,96	0,00	0,00	1,97	0,00	0,00
Общая биомасса растений	504,22	253,87	751,73	100,0	100,0	100,0
Опад	670,04	15,20	0,00	–	–	–

Примечание: ЭПР – эколого-фитоценотический профиль, ВСВ – воздушно-сухой вес.

Таблица 2 – Уровень значимости различий между общей биомассой растений на исследуемых ЭПР

ЭПР	U-тест (p<0,05) Общая биомасса растений
1/9	p= 0,0157
10/9	p= 0,028
1/10	p= 0,139

Примечание: ЭПР – эколого-ценотический профиль.



На наш взгляд, причины полученных данных могут заключаться в следующем:

– кошение накануне пожара на ЭПР 9 способствовало уменьшению высоты кочек, и, как следствие, выгоранию точек роста осоковых, что, в целом, помешало интенсивному восстановлению осок, которое мы наблюдаем на ЭПР 10, где узел кущения осок находился выше уровня торфа и такое положение способствовало меньшему выгоранию и, в дальнейшем, активному росту осок, в совокупности с притоком питательных веществ, освобожденных в результате пожара;

– на незанятых осоками площадях на ЭПР 9 получили преимущество в развитии злаки, в связи с устранением конкурентов, осветлением территории, поступлением питательных веществ. В свою очередь, разнотравье в этих условиях не смогло занять сравнимые с

контролем площади и нарастить достаточную биомассу. Возможно, это связано с наличием плотной дерновины у злаков и более сильным выгоранием корневищ разнотравья.

Таким образом, пожары влияют на как общую биомассу растений и биомассу представителей отдельных агроботанических групп, так и на структуру фитоценоза. В результате кошения и следующего за ним пала общая биомасса растений относительно контроля ниже в два раза и различия являются статистически значимыми. Пожар на участках без кошения способствовал бурному развитию растений, особенно осок, что подтверждено полученными данными. Кошение в совокупности с пожаром способствовало озлаковению болотных фитоценозов.

Список литературы

- Буданцев, А. Л. Ресурсоведение лекарственных растений / А. Л. Буданцев, Н. П. Харитонова. – СПб.: СПХФА, 1999. – 87 с.
- Ипатов, В. С. Описание фитоценоза / В. С. Ипатов, Д. М. Мирин. – Санкт-Петербург : СПбГУ, 2008. – 71 с.
- Оценка эффективности мероприятий проекта по управлению пойменными и болотными экосистемами (кошение, выжигание, удаление кустарников и тростника, повторное заболачивание) на основании данных по динамике и состоянию растительности до и после реализации мероприятий на проектных территориях (Званец, Споровский, Сервечь, Дикое, Докудовское), этап 2020 года: отчет о НИР (заключ.) / Институт экспериментальной ботаники НАН Беларуси; рук. Д. Г. Груммо. Минск, 2020. – 221 с. – № ГР 20200821.

4. Скарбы прыроды Беларусі – Treasures of Belarusian Nature: Тэрыторыі, якія маюць міжнар. значэнне для захавання біял. разнастайнасці / А.В. Казулін [і інш]. – 2-ое выд., перапрац., дап. – Мн.: Беларусь, 2005. – 215 с.

5. Сушко, Г. Г. Биометрия : учебное пособие для студентов учреждений образования по специальности 1-33 01 01 Биоэкология / Г. Г. Сушко ; М-во образования Республики Беларусь, Учреждение образования «Витебский государственный университет имени П. М. Машерова». – Витебск : ВГУ имени П. М. Машерова, 2023. – 109 с.

ВОССТАНОВЛЕНИЕ ФИТОЦЕНОЗОВ ПОСЛЕ ПОЖАРОВ НА ВЕРХОВЫХ БОЛОТАХ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ: ПРОДУКТИВНОСТЬ И ДЕСТРУКЦИЯ КОМПОНЕНТОВ ТРАВЯНО-КУСТАРНИЧКОВОГО ЯРУСА

В.А. Степанова, Н.Г. Коронатова

Сибирский научно-исследовательский институт сельского хозяйства и торфа –
филиал Сибирского федерального научного центра агробиотехнологий РАН, Томск, Россия, verastep1985@rambler.ru

В работе представлены сведения об изучении послепожарных сукцессий фитоценозов на примере компонентов травяно-кустарничкового яруса. Нами приведены данные о видовом составе, запаса фитомассы и первичной продукции сообществ и их компонентов на участках через 8 лет после пожара в сравнении с фоновыми ненарушенными участками на болотах южной тайги и лесотундры Западной Сибири. Показано, что запас фитомассы и продукция компонентов травяно-кустарничкового яруса зависят от местных условий их произрастания и могут быть выше или ниже фоновых значений. Экспериментальные данные по деструкции отдельных фракций трав и кустарничков показали, что в южной тайге потери массы листьев и стволиков кустарничков были сопоставимы с фоновыми либо выше для граминоидных трав и листьев голубики. В лесотундре потери массы сопоставимы с фоновыми для граминоидных трав, стволиков кустарничков, листьев багульника и карликовой березки и выше для морошки, листьев голубики и кассандры. Различие в потерях массы фракций трав и кустарничков между климатическими зонами оказались небольшими.

Болота играют особую роль в накоплении углерода, формировании газового состава атмосферы и влиянии на климат [1, 7]. Изучение трансформации растительного покрова после пожара и динамики его восстановления является актуальным, так как происходит изменение функционирования таких болот с поглощения на высвобождение углерода. Это происходит не только благодаря выбросам при сгорании биомассы, но и из-за смены структуры растительного сообщества [2-6]. Постпирогенная динамика растительного покрова возвращает болота к депонированию углерода. Вызывает интерес развитие растительности после пожара и восстановление углерод-аккумулирующей функции в торфяных болотах разных климатических зон в Западной Сибири. Цель данного исследования: изучить восстановление фитоценозов после пожаров: продуктивность и деструкция компонентов травяно-кустарничкового яруса.

Исследования проводились на болотах южной тайги и лесотундры Западной Сибири. В южной тайге было изучено Бакчарское болото (56.88 N 82.68 E), в лесотундре – плоскобугристое болото Пангоды (65.87 N 74.94-97 E). Отдельные участки этих болот выгорели в 2016 г. На разных участках выгоревших болот спустя 8 лет после пожара отмечены различия в проективном покрытии и видовом составе сообществ, которые могут быть связаны как с локальными гидрологическими условиями, так и с разной интенсивностью горения при пожаре и определяют скорость восстановления растительного покрова этих болот. На каждом из них выделили по 2-5 ключевых участков и провели геоботанические описания. Далее на каждом из ключевых участков заложили по пять площадок 0,25 м² для определения надземной биомассы сосудистых растений методом укосов. На каждом болоте были выбраны кон-

трольные участки, не пострадавшие от пожара, где также проводили определение биомассы растительного покрова. В камеральных условиях образцы сосудистых растений разбирали по видам и фракциям (приросты разного возраста, фотосинтезирующая и нефотосинтезирующая фитомасса, мортмасса), высушивали и взвешивали. Продукция оценивалась с учётом проективного покрытия видов. В изучаемых болотах был заложен эксперимент для определения скорости деструкции болотных растений. Для этого в болотных массивах собрали доминирующие виды растений, разделили их на фракции и высушили. В нейлоновые мешочки размером 10×10 см с размером ячеек 0,3 мм поместили по 2 г растительной биомассы. На всех трёх массивах были заложены следующие фракции: листья багульника, листья морошки, граминоидные травы, стволики кустарничков. Кроме того, в Бакчарском болоте заложили листья кассандры, листья голубики, а в Пангодах – листья карликовой берёзки. Материал закладывали в 2022 г. на глубину 5-10 и 20-25 см. В 2023 г. провели отбор материала в 6-кратной повторности.

В Бакчарском болоте проективное покрытие (ПП) травяно-кустарничкового яруса восстановилось до до-пожарных показателей, составило 60-75%. При этом ПП доминирующих видов было следующим: у багульника оставалось стабильным (18-25%) на всех участках, а у кассандры менялось от 12 до 20% и на одном из участков достигло такого же значения, как на фоновом участке. Подбел, являющийся субдоминантом, занимал от 5 до 15% ПП при контрольном значении в 10%. Голубика, пушица и морошка являются пионерами при заселении нарушенных торфяников. ПП голубики варьировалось от 0 до 20%, пушицы – от 3 до 10%. При этом на фоновом участке ПП голубики и пу-

щицы было незначительно или равно 0. Интересно, что морошка имела наибольшее ПП (5%) на фоновом участке, а лишь на двух послепожарных участках; на остальных участках её ПП было незначительным. В целом, на Бакчарском болоте наблюдается разная скорость восстановления растительности на разных участках. При этом в случае более интенсивного зарастания сукцессия движется к формированию как рямового, так и мочажинного сообщества в зависимости от местных гидрологических условий.

В плоскобугристом болоте Пангоды на фоновом участке травяно-кустарничковый ярус развит слабо, преобладают лишайники, а в мочажинах – сфагновые мхи. Проективное покрытие вересковых кустарничков на послепожарных участках было в 1,5 раза ниже или несколько превышало фоновое значение в таёжных болотах. В болотах лесотундры их ПП варьировалось, как снижаясь в 4 раза, так и превышая в 1,5 раза фоновое значение, а также они появились здесь в мочажинном сообществе, для которого не характерны. Кустарнички из других семейств появляются в нарушенных местах, но занимают незначительное ПП. В сравнении с кустарничками, травы более активно осваивают открытую поверхность, их ПП в несколько раз превышает фоновые значения во всех болотах.

Разная степень выгорания торфяной толщи болота Пангоды привела к перепадам высот и неоднородности микрорельефа в масштабе единиц и десятков метров. В зависимости от топологического положения и соответствующей степени увлажнённости скорость восстановления растительности различалась: чем ниже микроучасток, тем больше проективное покрытие растений. Поэтому в местах, где торфяная толща выгорела только поверхностно, растительный покров развит слабее к настоящему времени. Восстановление растительности происходит как за счёт местных болотных растений, так и благодаря поселению не типичных трав (вейник наземный, кипрей узколистный) и кустарников (ива черничная). На этом болоте, так же, как и в Бакчарском болоте, видовое разнообразие и ПП зависит от степени гидроморфности микроучастка, а в развитии сукцессии прослеживается два направления: в сторону восстановления растительности бугра на повышениях и в сторону мочажинного сообщества – во влажных понижениях.

Суммарный запас фитомассы кустарничков на фоновом участке Бакчарского болота составил $179 \pm 96 \text{ г} \cdot \text{м}^{-2}$, а на послепожарных участках в 1-2,6 раза больше. Запас фитомассы трав на фоновом участке составил $8 \pm 5 \text{ г} \cdot \text{м}^{-2}$, на послепожарных в 0,5-2 раза больше, чем на фоновом участке. Запас фитомассы сосудистых растений на фоновом участке составил $178 \pm 53 \text{ г} \cdot \text{м}^{-2}$, на послепожарных участках в 1-2,6 раза больше. Запас общей фитомассы на послепожарных участках сопоставим с фоновым значением.

Надземная продукция сосудистых растений сопоставима или выше фонового значения. В целом надземная продукция послепожарных участков в 1-1,7 раз ниже фона. Отмечено, что восстановление углерод-аккумулирующей функции происходит активно за счёт перестройки структуры сообщества: на послепожарных участках увеличивается продукционный потенциал кустарничков, по сравнению с мхами.

На плоскобугристом болоте Пангоды на буграх суммарная фитомасса кустарничков фонового участка оценивалась в $128 \pm 78 \text{ г} \cdot \text{м}^{-2}$, а на послепожарных участках составила 0,6-1,1 от фонового участка. Фитомасса трав на фоновом участке была $13 \pm 37 \text{ г} \cdot \text{м}^{-2}$, на послепожарных участках в 1,5-2,6 раза больше, чем на фоновом. Общая фитомасса травяно-кустарничкового яруса послепожарных участков была как ниже, так и выше фонового значения в зависимости от локальных условий. Общий запас фитомассы был в 6 раз ниже на нарушенных участках по сравнению с фоном. Общий запас мортмассы был выше на нарушениях.

На плоскобугристом болоте в мочажинах основной запас фитомассы кустарничково-травяного яруса складывается травами, участие кустарничков незначительно. Запас трав был таким же или в 5 раз превышал фоновое значение. Общий запас фитомассы в 2-6 раз больше по сравнению с фоновым участком. Основная доля приходилась на сфагновые мхи, вклад трав в общую фитомассу небольшой.

Первичная продукция на буграх и в мочажинах послепожарных участков была в 1-3 раза больше, чем на фоновом участке. Так же, как в болотах таёжной зоны, в лесотундре вклад в общую продукцию фоновых и нарушенных участков осуществлялся разными группами растений.

Через 8 лет после пожара основной вклад в сложение фитомассы принадлежит кустарничкам, которые являются типичными обитателями ненарушенных болот, и политрихуму сжатому, вклад которого в фитомассу фоновых участков незначителен. Эти результаты показывают, что при входе восстановительной пирогенной сукцессии в сложении фитомассы к северу снижается роль кустарничков и возрастает роль трав. Несмотря на перестройку сообщества и структуру фитомассы, за 8 лет продукция на нарушенных участках на 2/3 приближается или достигает 100% от фоновых болот как в таёжной зоне, так и на буграх в лесотундре, а в мочажинах лесотундры немного меньше.

Эксперимент на деструкцию показал, что наибольшие потери массы наблюдались для фотосинтезирующих органов – листьев трав и вересковых кустарничков. Среди них самые высокие потери массы, от трети до двух третей от исходной массы, были у листьев морошки, причём на послепожарных участках потери возрастали по сравнению с фоном. Потери массы граминоидных трав были от 20 до 53%, листьев вересковых кустарничков – от 30 до 52%. Потери в Пангодах у трав были на 15-25% меньше, чем в таёжных болотах, при этом, на разных пожарных участках потери массы данной фракции не различались. Потери массы граминоидных трав снижались на пожарных участках, на севере и с увеличением глубины. У остальных фракций потери с глубиной либо незначительно снижались или не менялись с глубиной (морошка, листья голубики и багульника), либо не значимо увеличивались (листья касандры). Потери массы листьев багульника не отличались в Пангодах и Бакчарском болоте.

Потери массы различаются между фракциями. В наибольшей степени теряют массу фотосинтезирующие живые или отмершие части трав и вересковых кустарничков, меньшие потери массы были у стволиков кустарничков.

тарничков. Разница в потерях между глубинами оказалась не существенна. Исключением стали граминоидные травы, у которых потери на глубине 20-25 см были заметно ниже, чем на глубине 5-10 см. Различия в потере массы фракций между фоновыми и послепожарными участками менялась в зависимости от фракций и болотных массивов. На Бакчарском болоте потери либо почти отсутствовали (листья голубики, кассандры, багульника, стволы кустарничков), либо были выше на фоновом участке в слое 5-10 см или на обеих глубинах (граминоидные травы, листья голу-

бики). В Пангодах на послепожарном участке потери массы фракций были либо выше, чем на фоновом (мошкостебель, листья голубики, кассандры), либо не отличались от потерь на фоновой точке (граминоидные травы, листья багульника, берёзки, стволы кустарничков). Различия в потерях массы фракций между болотами разных климатических зон оказалась небольшими. Снижение потерь на севере отмечено для трав, а потери массы стволы кустарничков на севере были лишь на 1-5% меньше, чем в тайге. Разницы в потерях массы для листьев багульника в зависимости от зоны не было.

Исследование выполнено за счёт гранта РНФ (проект № 22-77-10024).

Список литературы

1. Вомперский С.Э., Иванов А.И., Цыганова О.П. и др. Заболоченные органогенные почвы и болота России и запас углерода в их торфах // Почвоведение. 1994. № 12. С. 17–25.
2. Вомперский С.Э., Глухова Т.В., Смагина М.В., Ковалев А.Г. Условия и последствия пожаров в сосняках на осушенных болотах // Лесоведение. 2007. № 6. С. 35–44.
3. Копотева Т.А., Кушова В.А. Влияние пожаров на функционирование фитоценозов торфяных болот Среднеамурской низменности // Экология. 2016. № 2. С. 14–21.
4. Малащук А.А., Филипов Д.А. Постпирогенная динамика растительного покрова верхового болота Барское (Вологодская область) // Трансформация экосистем 2021. № 4 (1). С. 104–121.
5. Синюткина А.А., Гашкова Л.П. Оценка состояния и геоинформационное моделирование постпирогенной динамики участка болотного Васюганского болота // Региональные геосистемы. 2022. Т. 46, № 3. С. 366–377.
6. Сирин А.А., Макаров Д.А., Гуммерт И. и др. Глубина прогорания торфа и потери углерода при лесном пожаре // Лесоведение. 2019. № 5. С. 410–422.
7. Сирин А.А. Болота и антропогенно-измененные торфяники: углерод, парниковые газы, изменение климата // Успехи современной биологии. 2022. Т. 142. № 6. С. 560–577.

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО НАПРАВЛЕНИЯМ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЗЕМЕЛЬ ЛЕСНОГО ФОНДА С ИЗМЕНЕННЫМ ГИДРОЛОГИЧЕСКИМ РЕЖИМОМ НА ОСНОВАНИИ ИХ КОМПЛЕКСНОЙ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ

А.В. Судник¹, А.М. Потапенко², Н.В. Толкачева², Р.М. Голушко¹, В.А. Серенкова²

¹Институт экспериментальной ботаники НАН Беларуси, Минск, Беларусь, asudnik@tut.by

²Институт леса НАН Беларуси, Гомель, Беларусь, anto_ha86@mail.ru

Проведена инвентаризация земель с измененным гидрологическим режимом в лесном фонде Беларуси, включая земли, осушенные гидролесомелиоративными системами, переданные в лесной фонд выработанные торфяники, сельскохозяйственные и другие осушенные земли. Всего на территории 102 юридических лиц, ведущих лесное хозяйство, обследовано 927 участков лесного фонда с измененным гидрологическим режимом общей площадью 455960,7 гектар. Для каждого участка разработаны рекомендации по направлениям дальнейшего их использования на основании комплексной оценки экологической эффективности.

Под термином «гидролесомелиорация» понимается осушение избыточно увлажненных лесных земель с целью увеличения продуктивности и хозяйственной ценности произрастающих на них насаждений, а также проведение важнейших сопутствующих осушению гидротехнических, дорожных и лесохозяйственных работ. Однако, огромные масштабы и техническое несовершенство мелиоративных систем одновременно с положительным эффектом привели к ряду серьезных негативных последствий.

Осушенные болотные леса с точки зрения экологии – это антропогенно преобразованные техногенные экосистемы. В отличие от естественных болотных лесов и открытых болот, функционирующих на основе природной саморегуляции, осушенные лесные болота, как и другие техногенные экосистемы, для поддержания

своей работоспособности нуждаются в регулярном уходе и текущем ремонте мелиоративной сети. Лесные осушительные системы со временем деградируют, выходят из строя за счет заиления и зарастания, перегорания их бобровыми плотинами и прекращают свое функционирование. Средний срок работы мелиоративной сети, как правило, 25-30 лет, и, после его окончания, необходимо принимать решение, что делать дальше: либо повторно заболачивать, либо реконструировать.

В рамках проекта международной технической помощи ПРООН-ГЭФ № 96096 «Устойчивое управление лесными и водно-болотными экосистемами для достижения многоцелевых преимуществ» разработаны и апробированы методики экологической оценки земель с измененным гидрологическим режимом и наличием гидролесомелиоративных систем, эффективности их

использования с учетом влияния на лесные и болотные экосистемы (биоразнообразие, продуктивность, состояние и пр.). Основной принцип работ сводился к тому, что оценка эффективности должна проводиться по многочисленным простым и недорогим в определении параметрам, используемым для оценки тенденций и трендов в развитии болотных и лесоболотных экосистем, а также особенностей пространственного проявления этих процессов на лесных землях с измененным гидрологическим режимом. Практической целью работ являлось определение параметров состояния экосистем, доминирующей растительности и степени ее нарушенности, компонентов растительного и животного мира, биоразнообразия, продуктивности нарушенных и естественных экосистем, развивающихся под длительным влиянием мелиорации.

В ходе выполнения работ:

- проведен анализ имеющейся ведомственной и научной информации о функционировании мелиоративных систем в лесном фонде;

- разработаны методики и критерии оценки экологической эффективности использования земель с измененным гидрологическим режимом и наличием гидrolесомелиоративных систем с учетом влияния на лесные и болотные экосистемы (биоразнообразие, продуктивность, состояние и пр.);

- проведена комплексная инвентаризация земель с измененным гидрологическим режимом и наличием гидrolесомелиоративных систем с оценкой их эффективности;

- дана оценка текущего состояния растительности и биологического разнообразия в зоне влияния мелиоративных каналов по совокупности критериев, основанных на биоиндикационных показателях;

- создана актуальная база данных по результатам инвентаризации земель с измененным гидрологическим режимом в лесном фонде;

- разработаны рекомендации по направлениям дальнейшего использования земель с измененным гидрологическим режимом в лесном фонде Минлесхоза.

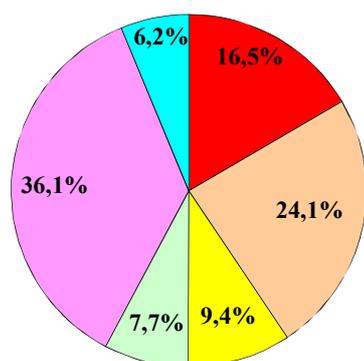
К землям с измененным гидрологическим режимом относилась и была обследована часть земель лесного фонда, где на планшетах, планах лесонасаждений и космоснимках была изображена сеть каналов и часть прилегающих сопредельных лесов, где влияние осушения было подтверждено полевым обследованием. В ходе полевого обследования на каждый обследованный объект (участок) составлялся паспорт.

В 2018-2021 гг. Институтом экспериментальной ботаники имени В.Ф.Купревича НАН Беларуси совместно с Институтом леса НАН Беларуси проведена комплексная инвентаризация участков лесного фонда с измененным гидрологическим режимом, включая земли, осушенные гидrolесомелиоративными системами, построенными в 1950-1990 гг., а также переданные в лесной фонд выработанные торфяники, сельскохозяйственные и другие осушенные земли (таблица 1, рисунок 1). Дана экологическая оценка состояния и эффективности использования земель с гидrolесомелиоративными системами в лесном фонде (находящемся под управлением Минлесхоза), подготовлены и согласованы с государственными лесохозяйственными учреждениями (ГЛХУ) предложения по их дальнейшему использованию.

Таблица 1 – Общая информация о количестве обследованных земель лесного фонда с измененным гидрологическим режимом в разрезе ГПЛХО и лесхозов

ГПЛХО	Общая площадь ГПЛХО, га	Площадь земель с измененным гидрологическим режимом, га	Доля земель с измененным гидрологическим режимом от площади лесхоза, %	Количество обследованных участков, шт	Плотность земель с измененным гидрологическим режимом в гослесфонде, га/1000 га
Брестское ГПЛХО	1 264 854,4	75 369,2	5,96	124	59,6
Витебское ГПЛХО	1668777,4	110032,7	6,59	264	65,9
Гомельское ГПЛХО	1861666,0	42813,3	2,30	142	23,0
Гродненское ГПЛХО	915710,1	35139,4	3,84	73	38,4
Могилевское ГПЛХО	1225924,2	28289,8	2,31	87	23,1
Минское ГПЛХО + ГЛХУ Красносельское и Негорельский УО лесхоз	1555412,4	164316,3	10,56	237	-
ВСЕГО по ГЛФ	8524662,5	455960,7	5,35	927	53,5

Примечание: ГПЛХО – государственное производственное лесохозяйственное объединение; ГЛХУ – государственное лесохозяйственное учреждение; УО – учебно-опытный; ГЛФ – государственный лесной фонд.



- Брестское ГПЛХО (124 ГЛМС на 75 369,2 га);
- Витебское ГПЛХО (264 ГЛМС на 110 032,7 га);
- Гомельское ГПЛХО (142 ГЛМС на 42 813,3 га);
- Гродненское ГПЛХО (73 ГЛМС на 35 139,4 га);
- Минское ГПЛХО (237 ГЛМС на 164 316,3 га);
- Могилевское ГПЛХО (87 ГЛМС на 28 289,8 га);

Рисунок 1 – Распределение общего количества и площадей обследованных земель с измененным гидрологическим режимом и гидrolесомелиоративными системами по ГПЛХО

Всего на территории 102 лесхозов было обследовано 927 участков лесного фонда с измененным гидрологическим режимом общей площадью 455 960,7 гектар, в т.ч.:

– общая площадь на территории 14 лесхозов Брестского государственного производственного лесохозяйственного объединения (ГПЛХО) составила 75 369,2 га или 5,96% земель лесного фонда (124 объекта);

– общая площадь на территории 19 лесхозов Витебского ГПЛХО и Полоцкого учебно-опытного лесхоза составила 110 032,7 га или 6,59% лесного фонда (264 объекта);

– общая площадь на территории 21 лесхоза Гомельского ГПЛХО составила 42 813,3 га или 2,30% земель лесного фонда (142 объектов);

– общая площадь на территории 11 лесхозов Гродненского ГПЛХО составила 35 139,4 га или 3,84% лесного фонда (73 объекта);

– общая площадь на территории 20 лесхоза Минского ГПЛХО и 2-х лесохозяйственных учреждений (ГЛХУ «Красносельское» и Филиал УО БГТУ «Негорельский опытный лесхоз») составила 164 316,3 га или 10,35% лесного фонда (237 объектов);

– общая площадь на территории 13 лесхозов Могилевского ГПЛХО составила 28 289,8 га или 2,31% земель лесного фонда (87 объектов).

Для каждого из 927 обследованных на землях лесного фонда участков с измененным гидрологическим режимом разработаны рекомендации по направлениям дальнейшего их использования на основании комплексной оценки экологической и экономической эффективности. Рекомендации сгруппированы в 3 основные категории: экологическая реабилитация, восстановление осушительных систем и оставление без изменений (таблица 2, рисунок 2).

Методология реализации рекомендаций должна соответствовать требованиям, определенным Законом Республики Беларусь от 18.12.2019 № 272-З «Об охране и использовании торфяников» и техническим кодексом установившейся практики ТКП 17.12-01-2008 (02120) «Охрана окружающей среды и природо-

пользование. Территории. Правила и порядок определения и изменения направлений использования выработанных торфяных месторождений и других нарушенных болот». Технические решения, состав и объем работ должны определяться в проектной документации на основании задания на проектирование, подготовленного в соответствии с научным обоснованием. При этом проведение мероприятий по повторному заболачиванию или восстановлению осушительных сетей обязательно должно сопровождаться следующими работами:

– разработка научных обоснований на проведение мероприятий;

– подготовка и согласование актов выбора участков, технических заданий на проектирование;

– подготовка проекта на проведение мероприятий по повторному заболачиванию или восстановлению осушительных сетей;

– реализация проекта;

– сравнительный анализа мониторинговых данных об объектах растительного мира по результатам исследований до и после проведения мероприятий для оценки их эффективности.

1. Экологическая реабилитация путем повторного заболачивания. Осуществляется поднятием воды в уровень поверхности почвы с восстановлением типичного для болот водного режима, растительного покрова и процесса торфообразования.

1.1. Как правило, данная рекомендация относилась к участкам осушенных верховых болот. Растительный покров таких участков в результате осушения претерпел сильные изменения в сторону его ксерофитизации, а именно увеличения обилия вереска обыкновенного (до 75-85% проективного покрытия на отдельных участках), при резком снижении участия (до полного выпадения) в травяно-кустарничковом ярусе типичных видов переходных и верховых болот. Есть участки открытого торфа. Как следствие осушения – понижение уровня стояния болотных вод (УСБВ) (глубже 25 см, а на отдельных участках – глубже 50 см), что привело к повышению пожароопасности. Низкий уровень воды, наличие участков открытого торфа, высокое проектив-

Таблица 2 – Рекомендации по направлениям использования земель с измененным гидрологическим режимом на территории лесного фонда, га/%

ГПЛХО	Площадь земель лесного фонда с измененным гидрологическим режимом, га/%								
	Общая площадь	Особенности при назначении рекомендаций		Рекомендации и предложения					
		УСБВ на уровне почвы или выше	расположены на ООПТ	Реконструкция сети	Повторное заболачивание		Оставить без изменений		
				по результатам полевого обследования	в перечне (постановления от 17.09.2020 № 18)	всего	контроль деятельности бобра	подлежат списанию	
Брестское ГПЛХО	<u>75369,2</u> 100,00	<u>38135,4</u> 50,60	<u>34004,8</u> 45,12	<u>0,0</u> 0,00	<u>1863,2</u> 2,47	<u>12035,7</u> 15,97	<u>73506,0</u> 97,53	<u>2274,3</u> 3,02	<u>9429,9</u> 12,51
Витебское ГПЛХО	<u>110032,7</u> 100,00	<u>46919,5</u> 42,64	<u>26724,0</u> 24,29	<u>8963,0</u> 8,15	<u>19630,8</u> 17,84	<u>6777,5</u> 6,16	<u>81438,9</u> 74,01	<u>4913,4</u> 4,47	<u>7106,5</u> 6,46
Гомельское ГПЛХО	<u>42813,3</u> 100,00	<u>20718,9</u> 48,39	<u>3450,9</u> 8,06	<u>1209,6</u> 2,83	<u>5498,7</u> 12,84	<u>14895,2</u> 34,79	<u>36105,0</u> 84,33	<u>3733,4</u> 8,72	<u>741,0</u> 1,73
Гродненское ГПЛХО	<u>35139,4</u> 100,00	<u>19953,2</u> 56,78	<u>11731,8</u> 33,39	<u>490,1</u> 1,39	<u>10907,8</u> 31,04	<u>12640,0</u> 35,97	<u>23741,5</u> 67,56	<u>6969,2</u> 19,83	<u>231,3</u> 0,66
Минское ГПЛХО	<u>164316,3</u> 100,00	<u>45371,7</u> 27,61	<u>45828,3</u> 27,89	<u>8997,5</u> 5,48	<u>23792,5</u> 14,48	<u>37580,5</u> 22,87	<u>131526,3</u> 80,04	<u>6421,1</u> 3,91	<u>16286,2</u> 9,91
Могилевское ГПЛХО	<u>28289,8</u> 100,00	<u>14160,4</u> 50,05	<u>3149,8</u> 11,13	<u>1615,4</u> 5,71	<u>3880,2</u> 13,72	<u>12932,8</u> 45,72	<u>22794,2</u> 80,57	<u>1244,3</u> 4,40	<u>0,0</u> 0,00
ИТОГО	<u>455960,7</u> 100,00	<u>185259,1</u> 40,63	<u>124889,6</u> 27,39	<u>21275,6</u> 4,67	<u>65573,2</u> 14,38	<u>96861,7</u> 21,24	<u>369111,9</u> 80,95	<u>25555,7</u> 5,60	<u>33794,9</u> 7,41

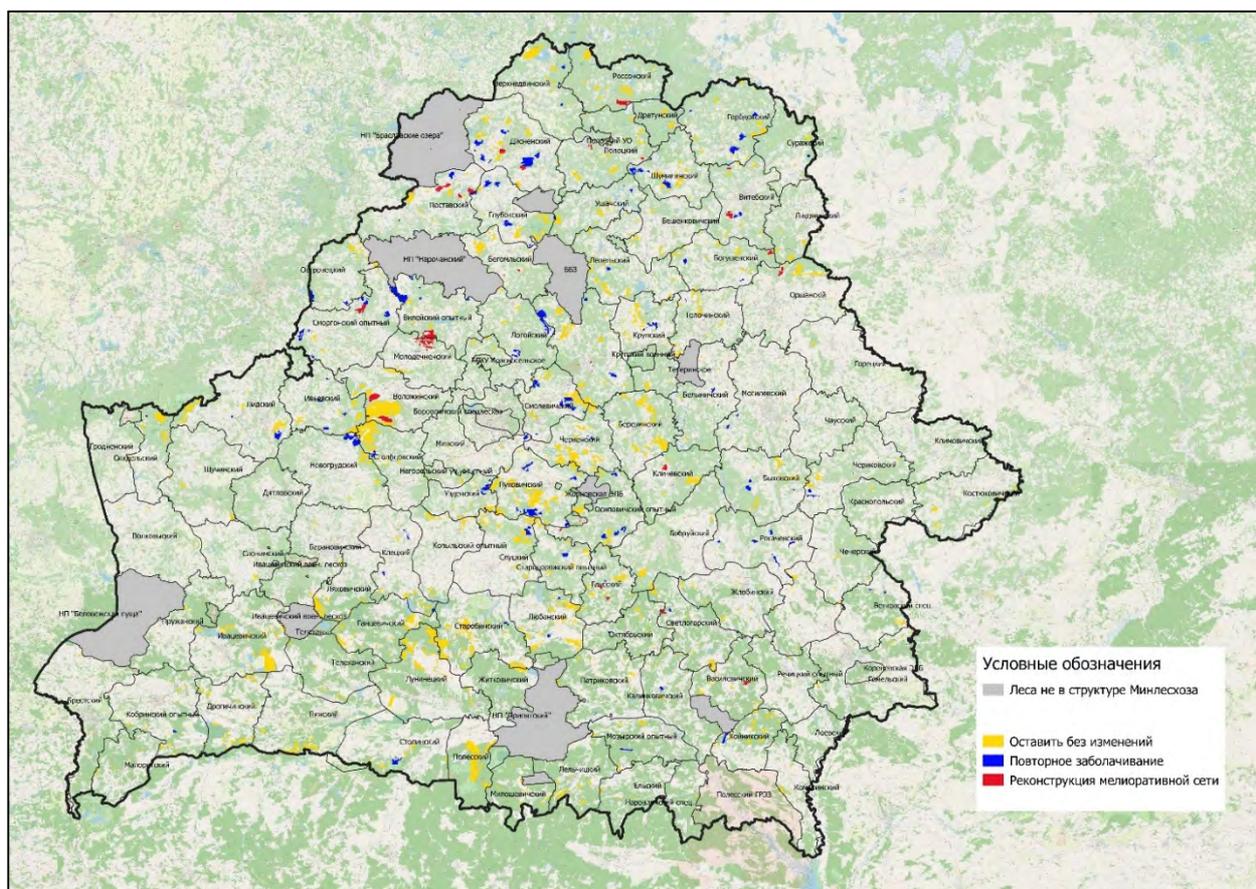


Рисунок 2 – Карта-схема земель лесного фонда с измененным гидрологическим режимом с рекомендациями по направлениям их дальнейшего использования

ное покрытие вереском – признаки высокой пожарной опасности.

1.2. Сходная ситуация имеет место на бывших торфоразработках. Растительный покров проходит начальную стадию восстановительной сукцессии. Характеризуется чередованием открытых торфяных обнажений, лишенных растительности, и фрагментов сосново-березового леса мелиоративно-производных типов. Верхний слой торфяной почвы в период вегетации иссушается. Для развития лесоболотного фитоценоза это неблагоприятные условия.

1.3. В окрестностях и на отдельных участках земель с измененным гидрологическим режимом встречаются инвазивные виды: борщевик Сосновского, золотарник канадский и другие. Борьба с инвазиями является дополнительным аргументом в пользу регулирования гидрологического режима путем подъема УСБВ в уровень почвы. Таким образом, на таких участках целесообразно восстановление гидрологического режима путем повторного заболачивания.

В целом, площадь земель с измененным гидрологическим режимом, рекомендуемых под повторное заболачивание, составила 65573,2 га или 14,38% от обследованных (см. таблицу 2), в том числе по областям: Брестская – 1863,2 га или 2,47%; Витебская – 19630,8 га или 17,84%; Гомельская – 5498,7 га или 18,84%; Гродненская – 10907,8 га или 31,04%; Минская – 23792,5 га или 14,48%; Могилевская – 3880,2 га или 13,72%.

Кроме того, постановлением Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь от 17 сентября 2020 г. № 18 «Об установлении

перечней болот и торфяников» установлен перечень болот, для которых разрабатываются планы управления болотами и перечень торфяников, подлежащих экологической реабилитации (во исполнение пункта 2 статьи 17 и пункта 2 статьи 35 Закона Республики Беларусь от 18 декабря 2019 г. № 272-3 «Об охране и использовании торфяников»). Площадь земель с измененным гидрологическим режимом с болотами, для которых разрабатываются планы управления, составила 9652,7 га; с торфяниками, которые подлежат экологической реабилитации – 90957,7 га; для которых одновременно разрабатываются планы управления и которые подлежат экологической реабилитации – 5904,0 га.

Таким образом, площадь земель с измененным гидрологическим режимом с торфяниками, рекомендуемых под повторное заболачивание в соответствии с постановлением Минприроды от 17.09.2021 №18, составила 96861,7 га или 21,24% от обследованных (см. таблицу 2), в том числе по областям: Брестская – 12035,7 га или 15,97%; Витебская – 6777,5 га или 6,16%; Гомельская – 14895,2 га или 34,79%; Гродненская – 12640,0 га или 35,97%; Минская – 37580,5 га или 22,87%; Могилевская – 12932,8 га или 45,72%.

Различие в площадях связано с тем, что в результате полевого обследования учитывались объекты с мелиорацией, а в соответствии с постановлением Минприроды от 17.09.2021 № 18 – земли с и без мелиоративных систем, земли вне лесного фонда и прочие.

Целью работ является восстановление способности неэффективно осушенных, выработанных торфяных месторождений и других нарушенных болот к выпол-

нению биосферных функций, направленных на сохранение и/или восстановление водно-болотных угодий и их биологических ресурсов, а также ценных биологических природных объектов – сообществ и отдельных популяций редких, исчезающих и хозяйственно полезных видов растений и животных путем стабилизации гидрологического режима, благоприятного для возобновления болото- и торфообразовательных процессов. Данные работы могут проводиться силами лесхозов в рамках выполнения мероприятий государственных программ в области охраны окружающей среды и рационального использования природных ресурсов за счет средств, выделяемых на их реализацию, средств международной технической помощи, а также за счет иных источников, не запрещенных законодательством.

2. Восстановление осушительных систем для поддержания их эффективности и повышения продуктивности лесов. Данная рекомендация относилась к землям с измененным гидрологическим режимом, где в результате осушения достигнут положительный эффект и отмечено увеличение прироста у произрастающих насаждений. В результате мелиорации на таких участках, произошла трансформация лесоболотного комплекса в сторону более сухих типов леса (например, участки папоротниковой и крапивной серий типов леса перешли в кисличные и снытевые; долгомошные – в черничные, местами даже кисличные). На территории этих земель с измененным гидрологическим режимом произрастают высоко- и среднепродуктивные (IA-II классы бонитета с запасом 300 и более м³ на 1 га) естественные и искусственный чистые и смешанные хвойные и мелколиственные насаждения мелиоративно-производных типов леса. Отмечены насаждения с участием дуба черешчатого, клена остролистного и других широколиственных пород. На более увлажненных участках сформировались высокопродуктивные черноольховые и пушистоберезовые древостой. Наиболее оптимальным для таких участков является поддержание сложившегося режима ведения лесного хозяйства.

Однако, повышенный уровень воды в части каналов, в том числе из-за деятельности бобров, способствовал подтоплению части прилегающих насаждений. На отдельных участках наблюдается отпад приспевающих и спелых древостоев. В среднем индекс жизненного состояния составляет 35,6-59,1% (лесные насаждения в среднем оцениваются как «сильно поврежденные» или «поврежденные»). Подтопление в результате прекращения функционирования мелиоративной сети или деятельности бобров наносит существенный экономический ущерб. Кроме того, в отдельных лесхозах на основе таких земель построены или строятся лесовозные дороги с целью освоения труднодоступных участков. Поэтому, для таких территорий рекомендуется восстановление мелиоративной сети.

В целом, площадь земель с измененным гидрологическим режимом, рекомендуемых под восстановление мелиоративной сети, составила 21275,6 га или 4,67% от обследованных (см. таблицу 2, рисунок 1), в том числе по областям: Брестская – 0,0 га или 0,00%; Витебская – 8963,0 га или 8,15%; Гомельская – 1209,6 га или 2,83%; Гродненская – 490,1 га или 1,39%; Минская – 8997,5 га или 5,48%; Могилевская – 1615,4 га или 5,71%.

Восстановление осушительных сетей рекомендовано для отдельных гидроресомелиоративных систем, состоящих на балансе лесохозяйственных учреждений. Следует отметить, что лесхозы не обладают соответствующей техникой для ремонта и содержания мелиоративных систем. В лучшем случае, все работы сводятся к удалению древесно-кустарниковой растительности по откосам и бровкам каналов, а также в полосе отвода. В целом, работы по уходу за мелиоративными каналами, которые выполняются лесхозами без использования специализированной техники, обладают малой эффективностью и не дают должного эффекта. Поэтому, целесообразным будет привлечение районных ПМС. Может проводиться в рамках выполнения мероприятий государственных программ в области охраны окружающей среды и рационального использования природных ресурсов за счет бюджетных средств, выделяемых на их реализацию, средств международной технической помощи, а также за счет иных источников, не запрещенных законодательством.

3. Оставление без изменений. Рекомендовано для всех остальных земель лесного фонда с измененным гидрологическим режимом (см. таблицу 2, рисунок 1). При этом для назначения данной рекомендации выступали следующие аргументы:

3.1. Территория затоплена в результате повторного заболачивания. УСБВ находится на уровне почвы или выше. Формируются водно-болотные угодья. При необходимости контроль численности бобра. Территории заболочены, с высоким уровнем воды, иногда выше поверхности почвы, древостой почти полностью выпал, местами сформировались мелководные водоемы. На низинных болотах на открытых пространствах господствует тростник, формирующий монодоминантные тростниковые, тростниково-осоковые или ивняково-тростниково-осоковые сообщества. На верховых болотах – фитоценоз сохраняет свой естественный облик верхового болота во всех ярусах. В перспективе на участках с высоким УСБВ – формирование болотной, водно-болотной или лесоболотной экосистем. Понижение или искусственное повышение УСБВ на таких участках нецелесообразно.

Контроль численности бобра рекомендуется на тех участках мелиоративных систем, где существует реальная угроза подтопления сопредельных суходольных угодий, включая сельскохозяйственные земли. И хотя сами системы, как правило, затоплены, сохраняется высокая вероятность нанесения экономического ущерба.

Общая площадь земель с измененным гидрологическим режимом, где УСБВ в уровень почвы или выше, составила 185259,1 га или 50,19% оставляемых без изменения земель или 40,63% всех обследованных земель с измененным гидрологическим режимом (см. таблицу 2). Общая площадь земель с измененным гидрологическим режимом, где рекомендован контроль численности бобра, составила 25555,7 га или 6,92% оставляемых без изменения или 5,60% всех обследованных земель (см. таблицу 2).

3.2. Болотные типы леса трансформировались в суходольные. Уровень стояния грунтовых вод (УГВ) – 50 см и ниже. Каналы не функционируют в результате падения УГВ, задернены, заросли древесно-кустарни-

ковой растительностью. Как правило, такие мелиоративные сети рекомендованы к списанию. Рассматривая состояние мелиоративных систем на территории отдельных лесхозов, в целом можно рекомендовать списание каналов с баланса лесхоза. Преимущественно это участки лесной мелиорации, где мелиоративная сеть пришла в полную негодность, не выполняет своих функций и ремонту не подлежит. Гидролесомелиорация проведена более 50 лет назад. Осушительная сеть в основном в неудовлетворительном состоянии; каналы как сухие с задернением, так и топкие, заросшие (на дне каналов уже произрастает древесно-кустарниковая растительность), не выполняют свои функции. И даже если почистить каналы, за счет низкого уровня грунтовых вод они не будут наполняться и выполнять свои функции. В окружающих лесных насаждениях влияние гидролесомелиорации утрачено. Уровень грунтовых вод около 100-150 см. Протекают естественные восстановительные сукцессии. Как правило, на этих участках произрастают естественные хвойные и мелколиственные мелиоративно-производные насаждения, а также культуры хвойных (сосны и ели) пород. Болотные типы леса уже трансформировались в суходольные, произрастающие по I-II классам бонитета. У растущих деревьев, как правило, выражены микроповышения у стволов, иногда больше 50 см по высоте. Много древесного опада и сухостоя. В таких насаждениях формируется подлесок средней или выше густоты, в подросте ель, дуб, клен, реже ольха черная. Направление использования – традиционное ведение лесного хозяйства.

Как правило, такие мелиоративные сети рекомендованы к списанию. Общая площадь земель с измененным гидрологическим режимом, рекомендованных к списанию, составила 33794,9 га или 9,16% оставляемых без изменения или 7,41% всех обследованных земель (см. таблицу 2).

3.3. Лесхозами созданы лесные культуры или рекомендуется создание лесных культур. Для отдельных мелиоративных систем перспективы дальнейшего использования – искусственное лесовосстановление. На отдельных системах лесхозами уже были посажены культуры, преимущественно с доминированием ели, реже сосны, часто требующие дополнения. Анализ имеющихся ведомственных материалов и результатов обследования на отдельных обследованных участках ГЛМС позволяют рекомендовать создание лесных культур, в том числе из ольхи черной и березы. Кроме того, опыт создания таких культур есть в каждой области. Например, в Брестском (Брестское ГПЛХО), Толочинском (Витебское ГПЛХО), Лидском (Гродненское ГПЛХО), Копыльском (Минское ГПЛХО) лесхозах на осушенных землях посажены культуры ольхи черной.

Общая площадь земель с измененным гидрологическим режимом, для которых рекомендовано лесовосстановление путем создания лесных культур, составила 4543,2 га или 1,23% оставляемых без изменения или 1,00% всех обследованных земель.

3.4. Сукцессии направлены на восстановление болотной или лесоболотной экосистемы. Это категория участков земель с измененным гидрологическим режимом представляет значительно продвинутую стадию восстановительной сукцессии (на уровне сформированной кустарниковой и лесной растительности) или

участки с продуктивными черноольховыми и пушисто-березовыми древостоями. На момент проведения исследований некоторые участки заболочены, в первую очередь вследствие зарастания или запруживания каналов, их завалеженности или перекрытия бобровыми плотинами. Часть земель лесного фонда земель с измененным гидрологическим режимом прилегают к сельскохозяйственным угодьям и отрегулировать уровень воды невозможно, не подтопив или не подсушив сопредельные территории, поэтому рекомендовано для таких территорий оставить без изменений.

3.5. ГЛМС расположена в границах особо охраняемых природных территорий (ООПТ), где введены запреты на изменение гидрологического режима. Более четверти обследованных земель с измененным гидрологическим режимом с общей площадью 124889,6 га (27,39% всех земель с измененным гидрологическим режимом) полностью или частично расположены на ООПТ, как правило, гидрологических или водно-болотных заказниках местного или республиканского значения. На территории этих ООПТ в числе прочего запрещается проведение работ по гидротехнической мелиорации, работ, связанных с изменением существующего гидрологического режима, за исключением работ по его восстановлению, а также ремонтно-эксплуатационных работ по обеспечению функционирования существующих мелиоративных систем. Кроме того, на отдельных участках, не входящих в состав заказников, при полевых работах были отмечены виды растений и животных, внесенные в Красную книгу Республики Беларусь, жизнедеятельность которых связана с болотными экосистемами. Такие участки земель с измененным гидрологическим режимом также целесообразно оставить без вмешательства в их гидрологический режим.

В целом, площадь земель с измененным гидрологическим режимом, рекомендуемых оставить без изменений, составила 369111,9 га или 80,95% (см. таблицу 2), в том числе по областям: Брестская – 73506,0 га или 97,53%; Витебская – 81438,9 га или 74,01%; Гомельская – 36105,0 га или 84,33%; Гродненская – 23741,5 га или 67,56%; Минская – 131526,3 га или 80,04%; Могилевская – 22794,2 га или 80,57%.

Оставляемые без изменений. Данные земли лесного фонда с измененным гидрологическим режимом требуют периодической инвентаризации (раз в 10 лет) и регулярного наблюдения. Инвентаризация состояния насаждений на таких землях проводится лесоохранительным республиканским унитарным предприятием (ЛРУП) «Белгослес» при очередном туре лесоустройства. Регулярные наблюдения будут осуществляться силами государственной лесной охраны лесхозов в рамках основной деятельности, включая контроль за возможным подтоплением насаждений, в том числе в результате деятельности бобра на самих объектах и на сопредельных территориях. Длительные и регулярные наблюдения за состоянием насаждений и направленною сукцессионных процессов могут проводиться в рамках мониторинга лесных избыточно-увлажненных земель (организатор – ЛРУП «Белгослес»); комплексного мониторинга торфяников (организатор – Институт природопользования НАН Беларуси).

Результаты реализации предложенных рекомендаций могут быть использованы для совершенствования

технологии экологической реабилитации нарушенных торфяников, принятия проектных, управленческих и директивных решений в области регулирования водного режима болот, восстановления и сохранения их естественного биологического и ландшафтного разнообразия и природных ресурсов, ведения устойчивого экологически ориентированного лесного хозяйства на осушенных землях в лесном фонде и в строгом соответствии с лесным и природоохранным законодательством. Приняты Минлесхозом для использования в проектной и лесохозяйственной деятельности отрасли (письмо Минлесхоза от 16.09.2021 №03-2-2/4836 «Об использовании результатов проекта»).

Заключение. Проведена широкомасштабная инвентаризация земель, осушенных мелиоративными системами, построенными в 1950-1990 гг., переданных в лесной фонд выработанных торфяников, сельскохозяйственных и других мелиорированных земель. Выпол-

нена оценка текущего состояния природных экосистем на исследуемых территориях на основе специально разработанных биоиндикационных критериев. Дана экологическая оценка состояния и эффективности мелиорированных земель в лесном фонде, подготовлены и согласованы с лесхозами рекомендации по их дальнейшему использованию. Для участков с измененным гидрологическим режимом разработаны рекомендации по дальнейшему их использованию с учетом экологической и экономической эффективности этих земель, которые сгруппированы в 3 основные категории: экологическая реабилитация путем повторного заболачивания, восстановление осушительных систем и оставление без изменений. Рекомендации переданы ЛРУП «Белгослес» для учета в проектной документации по организации и ведению лесного хозяйства лесохозяйственных учреждений отрасли на очередной ревизионный период.

РЕСУРСНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ И ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СЫРЬЯ *LEDUM PALUSTRE* L. В БЕЛАРУСИ

И.П. Сысой

Институт экспериментальной ботаники НАН Беларуси, Минск, Беларусь, sysoi.botany@yandex.by

*Представлены данные по запасам и возможным ежегодным объемам заготовки сырья *Ledum palustre* L. на территории Республики Беларусь; перечень районов с наибольшим ресурсным потенциалом данного вида; результаты стоимостной оценки сырья и экономической целесообразности его использования.*

Багульник болотный (*Ledum palustre* L.) является одним из важнейших эдификаторных фитокомпонентов болотных экосистем [4]. На территории Беларуси вид встречается часто и образует заросли, пригодные для заготовки лекарственного сырья. Произрастает на открытых и облесенных верховых и переходных болотах [9].

С лекарственной целью применяют олиственные верхушечные побеги текущего года (*Ledi palustris cotinus*), которые заготавливают в фазу созревания плодов, в августе-сентябре [2]. В медицине настой багульника болотного применяется как отхаркивающее средство при острых и хронических бронхитах и туберкулезе, бронхиальной астме, а также при спастических энтероколитах; элеоптен (жидкая часть эфирного масла) – при острых ринитах и гриппе [1]. Препараты на основе сырья данного вида обладают противовоспалительными, анальгизирующими, спазмолитическими, ранозаживляющими, диуретическими, гипотензивными, антиоксидантными, противожелудочными, гепатопротекторными свойствами и обладают антибактериальной, антипротозойной, акарицидной, инсектицидной, фунгистатической, антимуtagenной активностью [13].

L. palustre является перспективным видом для увеличения объемов заготовок растительных ресурсов, расширения ассортимента выпускаемых лекарственных средств и создания новых препаратов на основе его сырья. В связи с этим нами проведена оценка ресурсного потенциала и экономической целесообразности использования сырья багульника болотного. Поиск

его мест произрастания осуществляли с помощью картографических, лесотаксационных материалов и непосредственно на местности маршрутно-рекогносцировочным методом [5, 11]. Изучение популяций проводили как на временных, так и на постоянных пробных площадях, где закладывали учетные площадки размером 1×1 м и в количестве, позволяющем получить достоверные результаты. Проективное покрытие багульника определяли глазомерно или с помощью сеточки Раменского [11]. Удельную сырьевую фитомассу определяли методом учетных площадок в конкретных зарослях: вычисляли среднюю арифметическую массы сырья на единице площади с учетом ошибки средней арифметической ($M \pm m$) [5, 11]. Сырье заготавливали и сушили в соответствии с требованиями инструкций по сбору и сушке растений [12]. Полученные результаты статистически обработаны с использованием общепринятых методов. Ресурсы *L. palustre* определяли в пределах административных районов с помощью алгоритма кадастровой региональной оценки запасов сырья [3], основанного на общепринятых методиках [5, 6]. Специально разработанными компьютерными программами [3] обрабатывали полевые, лесотаксационные и литературные материалы с последующим расчетом площади и количества популяций багульника, а затем определяли биологический и эксплуатационный запасы сырья с учетом площади данного вида и удельной сырьевой фитомассы, а также возможные ежегодные объемы заготовок сырья – как частное от деления

эксплуатационного запаса сырья на оборот заготовки, включающий год заготовки и продолжительность периода восстановления заросли [5, 6, 11].

Стоимостную оценку растительных ресурсов определяли по формуле [7]:

$$C = 3 \times \frac{\Pi}{100} \times K_c \times B \times \frac{q_{\text{эк}}}{q_{\text{э}}},$$

где C – стоимостная оценка вида, руб.; 3 – эксплуатационный запас сырья вида, кг; Π – рекомендуемый объем ежегодного использования запаса сырья вида (не должен превышать процент его прироста) в процентах; K_c – коэффициент, учитывающий ресурсную стоимость вида, эквивалентную стоимости возмещения вреда при утрате ресурса в базовых величинах, б.в./кг [8]; B – размер базовой величины, установленный законодательством на дату оценки запасов растительных ресурсов, руб.; $q_{\text{эк}}$ – капитализатор (норма дисконта) экологической сферы, значение которого обратно пропорционально сроку воспроизводства потребляемого природного вещества, составляющего основу естественной экологической системы определенного типа [10]; $q_{\text{э}}$ – капитализатор (норма дисконта) экономической сферы, принимается на уровне 0,05 [10].

В рамках ведения Государственного кадастра растительного мира Республики Беларусь учтено 136014 популяций багульника болотного на площади 139097,9 га. Наибольшие площади вида сосредоточены в Витебской и Гомельской областях, а наименьшая площадь отмечена в Гродненской области (таблица 1). С максимальной площадью (более 3000,0 га) вид встречается в Ганцевичском (3673,9), Лельчицком (13742,1) и Столинском (8261,1) районах Брестской области; Докшицком (3281,8), Лепельском (4220,8), Миорском (6191,1), Полоцком (5809,3), Россонском (4642,9) и Шумилинском (3443,9) районах Витебской области; Житковичском (4497,6) районе Гомельской области; Крупском (3048,1) и Пуховичском (4278,0) районах Минской области; Кличевском (3444,4) районе Могилевской области.

Проведена экспертная оценка запасов и возможных ежегодных объемов заготовки сырья *L. palustre* на территории страны. Самый большой биологический запас сырья багульника болотного отмечен в Витебской области (32%), а наименьший – в Гродненской области (4%) (таблица 2).

На основе анализа пространственного распределения запасов побегов багульника болотного нами выявлены центры их концентрации (рисунок).

Проведена оценка экономической целесообразности использования ресурсов багульника по разработанным методическим рекомендациям [7]. По предварительным экспертным расчетам стоимостная оценка запасов сырья данного вида составляет 14,8 млн белорусских рублей.

Наибольший биологический запас воздушно-сухого лекарственного сырья *L. palustre* (более 100 т на административный район) сосредоточен на территории Ганцевичского (183,7) и Столинского района (413,1) Брестской области; Городокского (144,9), Докшицкого (164,1), Лепельского (211,0), Миорского (309,6), Полоцкий (290,5), Россонского (232,1), Шарковщинского (113,3) и Шумилинского (172,2) районов Витебской области; Житковичского (224,9) и Лельчицкого района (687,1) Гомельской области; Березинского (129,4), Вилейского (103,6), Крупского (152,4), Мядельского (114,7) и Пуховичского (213,9) районов Минской области; Бельничского (135,1), Кличевского (172,2) и Осиповичского (139,7) районов Могилевской области. Стоимостная оценка запасов сырья багульника болотного на территории данных районов составляет 9,4 млн белорусских рублей (63,5% от общей стоимости сырья). В связи с этим промышленная заготовка сырья данного вида экономически наиболее выгодна в этих районах и здесь целесообразно организовывать региональные центры заготовок его лекарственного сырья.

Таким образом, проведенные исследования показали наличие большого ресурсного потенциала *L. palustre* на территории республики для промышленной заготовки лекарственного сырья. Полученные данные послужат основой при реализации мероприятий по рациональному использованию растительных ресурсов и для эффективного вовлечения сырья данного вида в экономический оборот и повышения экспортного потенциала страны, импортозамещения как лекарственного сырья, так и готовых препаратов на его основе.

Таблица 1 – Количество популяций багульника болотного и их площади по областям Беларуси

Область	Количество популяций	Площадь, га
Брестская	19701	18585,2
Витебская	33663	44500,8
Гомельская	32446	29042,0
Гродненская	8642	5524,2
Минская	24435	24198,1
Могилевская	17127	17247,6
Республика Беларусь	136014	139097,9

Таблица 2 – Запасы и возможные ежегодные объемы заготовок лекарственного сырья багульника болотного по областям Беларуси

Область	Биологический запас, т	Эксплуатационный запас, т	Возможные ежегодные объемы заготовки, т
Брестская	929,3	464,6	77,4
Витебская	2225,0	1112,5	185,4
Гомельская	1452,1	677,7	113,0
Гродненская	276,2	138,1	23,0
Минская	1209,9	605,0	100,8
Могилевская	862,4	397,3	66,2
Республика Беларусь	6954,9	3395,2	565,8

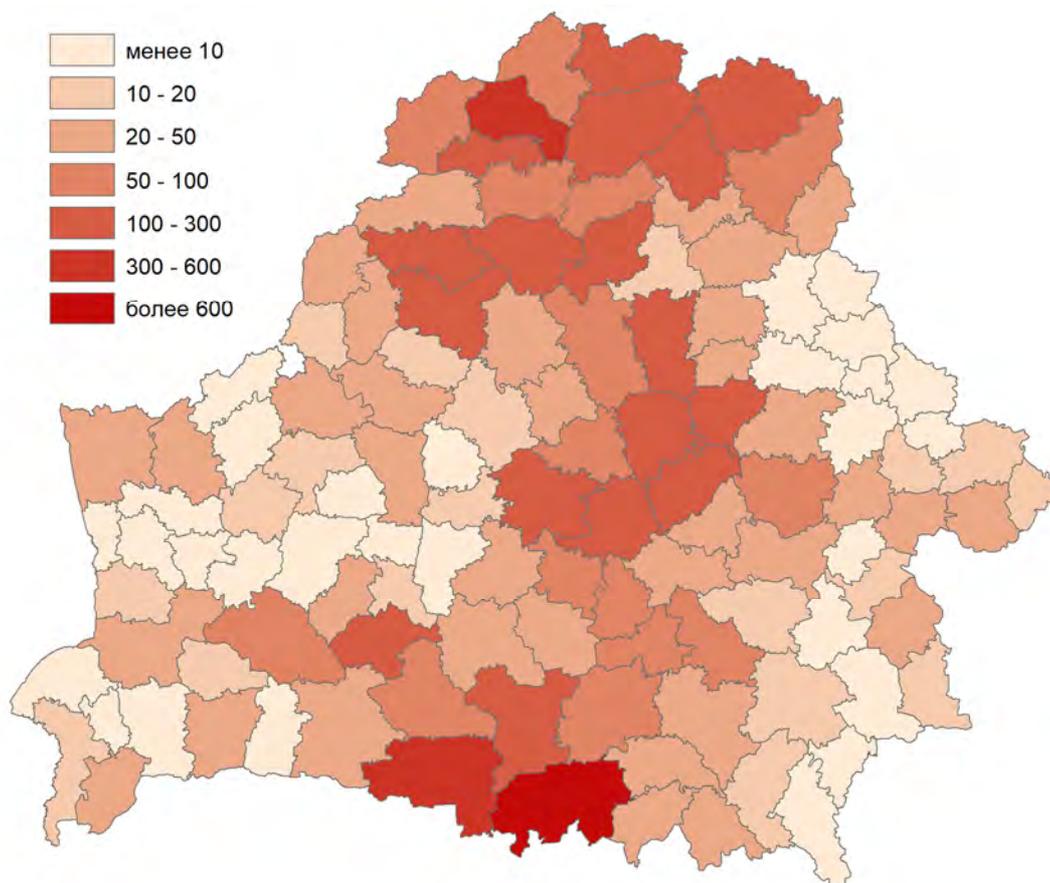


Рисунок – Биологический запас побегов *Ledum palustre* по административным районам, в тоннах

Список литературы

1. Гесь, Д.К. Лекарственные растения и их применение. Изд. 5-е, переработанное и дополненное / Д.К. Гесь и др.; науч. ред.: И.Д. Юркевич, И.Д. Мишенин. – Минск: Наука и техника, 1974. – 591 с.
2. Государственная фармакопея Республики Беларусь. Т. 2. Контроль качества субстанций для фармацевтического использования и лекарственного растительного сырья / М-во здравоохран. Респ. Беларусь, УП «Центр экспертиз и испытаний в здравоохранении»; под общ. ред. С.И. Марченко. – Молодечно: Типография «Победа», 2016. – 1368 с.
3. Государственный кадастр растительного мира Республики Беларусь. Основы кадастра. Первичное обследование 2002–2017 гг. / О.М. Масловский [и др.]; науч. ред. А.В. Пугачевский. – Минск: Беларуская навука, 2019. – 599 с.
4. Груммо, Д.Г. Создание ресурсных карт *Ledum palustre* (Ericaceae) на основе геоинформационных технологий / Д.Г. Груммо, О.В. Созинов // Растительные ресурсы. – 2015. – Т. 51. – № 4. – С. 564-582.
5. Методика определения запасов лекарственных растений. – М., 1986. – 52 с.
6. Методы изучения лесных сообществ / отв. ред. В.Т. Ярмашко, И.В. Лянгузова. – СПб.: НИИХимии СПбГУ, 2002. – 240 с.
7. К вопросу о методике комплексной экономической оценки растительных ресурсов Беларуси как элемента Национального богатства / А.В. Неверов [и др.] // Ботаника (исследования): Сб. науч. тр. / Ин-т эксперимент. бот. НАН Беларуси. – Минск, 2022. – Вып. 51. – С. 95-102.
8. О таксах для определения размера возмещения вреда, причиненного окружающей среде, и порядке его исчисления : постановление Совета Министров Респ. Беларусь, 11 апр. 2022 г., № 219 // Нац. реестр правовых актов Респ. Беларусь. – 2022. – 5/50127.
9. Определитель высших растений Беларуси / под ред. В.И. Парфенова. – Минск: Дизайн ПРО, 1999. – 472 с.
10. Охрана окружающей среды и природопользование. Порядок проведения работ по стоимостной оценке экосистемных услуг и определения стоимостной ценности биологического разнообразия: ТКП 17.02-10-2013 (02120). – Введ. 01.06.2013. – Минск: БелНИЦ Экология, 2013. – 23 с.
11. Охрана окружающей среды и природопользование. Территории. Порядок проведения планового обследования территории Республики Беларусь для кадастрового учета объектов растительного мира: ТКП 17.12-09-2015 (33140). – Введ. 01.09.15. – Минск: БелНИЦ Экология, 2015. – 32 с.
12. Правила сбора и сушки лекарственных растений (сборник инструкций) / отв. ред. А.И. Шретер. – Москва: Медицина, 1985. – 328 с.
13. Растительные ресурсы России: Дикорастущие цветковые растения, их компонентный состав и биологическая активность. Т. 2. Семейства Actinidiaceae – Malvaceae, Euphorbiaceae – Haloragaceae / отв. ред. А.Л. Буданцев. – СПб.; М.: Т-во науч. изд. КМК, 2009. – 513 с.

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ МИКРОРЕЛЬЕФА И СТЕПЕНИ ВЫГОРАНИЯ ПОВЕРХНОСТИ НА ХАРАКТЕРИСТИКИ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ВОД ПОСТПИРОГЕННЫХ БОЛОТ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

Ю.А. Харанжевская, А.А. Синюткина

Сибирский научно-исследовательский институт сельского хозяйства и торфа сельского хозяйства и торфа – филиал Сибирского федерального научного центра агробиотехнологий РАН, Томск, Россия, kharan@yandex.ru

В статье приводятся результаты исследования постпирогенной трансформации характеристик химического состава вод болот в лесотундровой и таежной зоне Западной Сибири, выгоревших в 2014–2016 гг. Исследования показали, что под влиянием пирогенного фактора наблюдается снижение в водах содержания O_2 , величин ОВП, как следствие возникновения гидробиологического слоя на поверхности и наоборот отмечается повышение pH, ЕС, CO_2 и температуры вод.

Природные пожары являются одной из глобальных экологических проблем. Современные климатические изменения увеличивают продолжительность и тяжесть пожароопасного периода, поэтому болота становятся более уязвимы для природных пожаров, увеличивается их частота и интенсивность, что является особенно актуальным для северных широт России в целом и для Сибири в частности [1–4]. Природные пожары оказывают существенное влияние на химический состав природных вод, а характер их постпирогенного изменения зависит от многих факторов, таких как гидрологический режим территории, топография, геология, размер пожара, интенсивность пожара [5–6].

Исследования проводились в июле–августе 2022–2023 гг. в пределах 3 ключевых участков болот (Бакчарское болото, Усть-Бакчарское болото и плоскобугристое болото в районе с. Пангоды), расположенных в лесотундровой и таежной зоне Западной Сибири, выгоревших в 2014–2016 гг.

В пределах Бакчарского болота (северо-восточные отроги Васюганского болота) исследования производились на его осушенном северо-восточном участке в междуречье Бакчара и Иксы. Осушение участка проведено с целью лесоразведения в 1980-х гг. сетью открытых каналов с расстоянием 160–180 м. Выгорание участка Бакчарского болота произошло с августа по октябрь 2016 г., общая площадь пожара составила 5,54 км². Усть-Бакчарское болото расположено на левобережной террасе р. Бакчар и представляет собой небольшой болотный массив площадью 3,5 км². Болото было осушено с целью добычи торфа, расстояние между осушительными каналами составляет 40 м. Пожар на Усть-Бакчарском болоте произошел в 2014 г. и выгорела территория площадью 0,5 км². В лесотундровой зоне исследования проводились на плоскобугристом болоте площадью 15,8 км² в районе с. Пангоды на междуречье рек Пур и Надым, выгоревшем в 2016 г.

Для оценки пространственной неоднородности гидрохимических показателей болот на внутрифациальном уровне в болотных водах было проведено измерение температуры, pH, окислительно-восстановительного потенциала (ОВП), электропроводности, концентрации O_2 и CO_2 на модельной площадке 5х5 м методом конверта в 9 точках в слое 0–50 см (в слое 0–100 см на Усть-Бакчарском болоте) с привязкой к высоте микрорельефа и определением степени выгорания поверхности. Также проводили определение коэффициентов

фильтрации и отметок уровней болотных вод (УБВ). Определение растворенного O_2 в болотных водах проводили с использованием оксиметра HI 9146-04 фирмы HANNA Instruments (Германия). Величину pH измеряли с помощью полевого прибора pH-200 фирмы HM Digital (Южная Корея), окислительно-восстановительный потенциал (Eh) определяли ORP-200 фирмы HM Digital (Южная Корея). Электропроводность (ЕС) болотных вод измеряли с применением кондуктометра HI 8733 фирмы HANNA Instruments (Германия). Съёмка микрорельефа поверхности проводилась с применением тахеометра SOKKIL CX-105 с шагом 50 см. В качестве средней поверхности принимался интервал высот от -5 см до +5 см. Высоты поверхности более +5 см принимались за кочки, а ниже -5 см характеризовались как мочажины. Коэффициент фильтрации определен в полевых условиях для верхнего горизонта торфяной залежи путем фиксации времени наполнения пробоотборника заданного объема после откачки воды из скважины. Для этого была организована серия скважин с установкой ПВХ труб с перфорацией через 5 см. Для проведения опыта использовался пробоотборник Solinst 428 (фирмы Solinst Canada Ltd, Канада). Всего в пределах Бакчарского болота было выполнено обследование 5 постпирогенных площадок (BF1, BF2, BF3, BF4, BF5) и 1 фоновая (Вфон), на Усть-Бакчарском болоте исследования проводились на 2 постпирогенных (UBF1, UBF2) и 1 фоновой площадке (УВфон), на плоскобугристом болоте у с. Пангоды аналогично проводились исследования на 2 постпирогенных (PF1, PF2) и 1 фоновой площадке (Рфон).

Результаты. Анализ данных за 2023 г. показал, что на пирогенных участках в водах Бакчарского болота отмечается повышение в 1,37–1,53 раз концентраций CO_2 и в 1,1–1,9 раз содержания O_2 , на 4–19% наблюдается увеличение температуры, pH, ОВП, ЕС (таблица). Оценка изменения характеристик химического состава вод Бакчарского болота в зависимости от микрорельефа поверхности показала, что в фоновых условиях отмечается повышение содержания CO_2 , pH, температуры, ОВП и ЕС на уровне средней поверхности (СП) и в мочажине, в кочке отмечается повышение O_2 . В пирогенных условиях в кочках отмечается повышение ОВП и O_2 , на уровне СП повышается содержание в водах CO_2 , ЕС, в мочажинах наблюдается рост pH. Также отмечено более значимое снижение уровней болотных вод на пирогенных площадках в сравнении с фоновыми (рисунок).

Таблица – Характеристика микрорельефа и средние гидрохимические показатели исследуемых площадок пирогенных участков болот в 2023 г.

Показатели	CO ₂ , мг/л	O ₂ , мг/л	pH	ОВП, мВ	ЕС, μS/см	T, °C	УБВ, см	A, см	H, см	FA, %
BF1	131,3	2,76	3,57	265	83	22,5	-45	30	0,57	90
BF2	125,3	1,01	3,49	253	84	20,6	-30	43	0,44	25
BF3	119,2	2,10	3,58	273	84	19,8	-31	46	0,76	90
BF4	117,2	2,16	3,51	275	86	20,9	-35	39	0,57	100
BF5	127,5	1,57	3,78	283	83	19,6	-33	47	0,39	70
BF6	79,1	2,64	3,46	248	91	16,8	-32	46	0	0
B252	85,6	1,45	3,55	272	81	18,9	-25	60	0	0
UBF1	111,7	2,51	3,59	314	77	16,4	-62	31	0,74	74
UBF2	136,3	2,60	3,63	254	82	17,2	-90	30	0,90	67
UBфон	86,0	3,10	3,59	306	77	13,4	-40	25	0	0
PF1	145,9	0,01	4,23	152	91	9,7	-42	72	1,36	76
PF2	166,8	0,21	3,68	195	92	13,4	-20	62	0,90	77
Рфон	115,7	0,92	3,71	255	66	9,8	-25	52	0	0

Примечание: А – амплитуда высот поверхности, Н – мощность горелого слоя, FA – степень выгорания площадки 5*5 м.

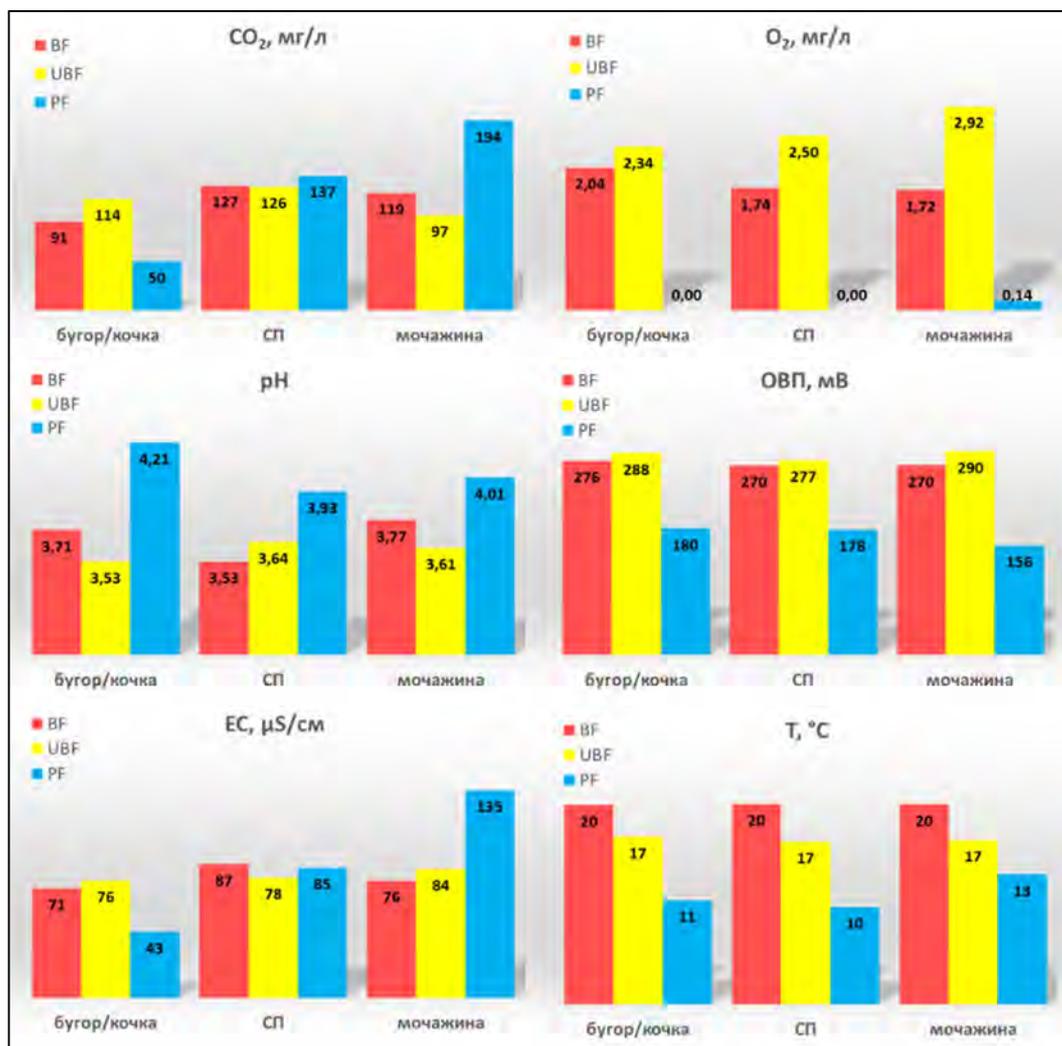


Рисунок – Динамика гидрохимических характеристик пирогенных участков болот в зависимости от микрорельефа поверхности на Бакчарском (BF), Усть-Бакчарском (UBF) и плоскобугристом болоте (PF) (бугор/кочка, средняя поверхность, мочажина)

Анализ данных по Усть-Бакчарскому болоту показал, что в пирогенных условиях в болотных водах на площадках отмечается повышение концентраций CO₂, температуры воды, на отдельных участках отмечается рост pH, ОВП и ЕС, и наоборот содержание O₂ снижается. Сопоставляя пирогенные площадки можно отметить более существенный рост CO₂, pH, ЕС, O₂ и температуры на площадке UBF2, где мощность горелого

слоя больше, а уровень снизился до 1 м. В постпирогенных условиях отмечается повышение содержания в болотных водах O₂, pH, ОВП, ЕС на уровне средней поверхности и в мочажине, а в кочках отмечен рост концентраций CO₂ и температуры вод.

Анализ данных по плоскобугристу болоту у с. Пангоды показал, что под влиянием пирогенного фактора отмечается снижение содержания в водах O₂, ОВП

и наоборот отмечается повышение CO_2 , pH, ЕС и температуры. В фоновых условиях на уровне средней поверхности повышается концентрации CO_2 , величина ОВП, ЕС в водах, а в мочажине наблюдается более высокое содержание O_2 и температура вод, pH значимо не различается. В пирогенных условиях на буграх отмечается повышение pH, ОВП, а в мочажине наблюдается рост O_2 , CO_2 , ЕС, температуры.

Сравнение пирогенных участков болот между собой показало следующие закономерности. В условиях более низких уровней болотных вод Усть-Бакчарское характеризуется наибольшим содержанием O_2 (2,54 мг/л) и величиной ОВП (284 мВ), а наименьшее содержание отмечено на плоскобугристом болоте. Плоскобугристое болото характеризуется наибольшей величиной pH (3,90) и ЕС (92 $\mu\text{S}/\text{cm}$) в водах в связи максимальной мощности горелого слоя среди исследуемых пирогенных участков, тогда как на болотах таежной зоны среда более кислая (pH 3,60) и ЕС снижается до 79–84 $\mu\text{S}/\text{cm}$. На плоскобугристом болоте также отмечается наибольшие концентрации CO_2 (158 мг/л) в водах, что свидетельствует об активной трансформации растительных остатков в условиях промывного режима и смены температур. На Бакчарском и Усть-Бакчарском болотах содержание CO_2 в водах сопоставимо и составило 123 мг/л. Температура в водах увеличивается закономерно с юга на север. Сравнение фоновых площадок показало некоторые исходные различия в характеристиках химического состава болотных вод. Так фоновые площадки на Усть-Бакчарском и Бакчарском болотах характеризовались близкими значениями CO_2 (84,2 мг/л), pH (3,55), O_2 (2,57 мг/л), ЕС (82 $\mu\text{S}/\text{cm}$), тогда как на плоскобугристом болоте отмечалось резкое увеличение CO_2 до 115,7 мг/л, pH до 3,71, и наоборот снижение O_2 до 0,92 мг/л, ЕС до 66 $\mu\text{S}/\text{cm}$ и температуры воды за счет более северного расположения. По отметкам уровней Бакчарское болото и болото у с. Пангоды

близки, а Усть-Бакчарское характеризовалось значительным снижением УБВ, что и привело к повышению O_2 , ОВП в водах.

Таким образом, исследования показали, что под влиянием пирогенного фактора наблюдается снижение в водах содержания O_2 , величин ОВП, как следствие возникновения гидрофобного слоя на поверхности и наоборот отмечается повышение pH, ЕС, CO_2 и температуры. Анализ фоновых площадок показал, что на площадках Усть-Бакчарского и Бакчарского болота отмечаются близкие значения CO_2 , pH, O_2 , ЕС, тогда как на плоскобугристом болоте отмечалось резкое увеличение CO_2 как следствие промывного режима и резких колебаний температур и величин pH в результате большой мощности горелого слоя, отмечается снижение O_2 и температуры воды за счет более северного расположения. Анализ изменения характеристик химического состава в зависимости от микрорельефа поверхности на Бакчарском болоте показал, что в фоновых условиях отмечается плавное от кочки к мочажине увеличение CO_2 , pH, температуры, ОВП и снижение O_2 . В пирогенных условиях в кочках отмечается повышение ОВП и O_2 , на уровне СП повышается CO_2 , ЕС, в мочажинах наблюдается рост pH, температуры. На Усть-Бакчарском болоте на фоновой площадке различий в характеристиках химического состава по элементам микрорельефа не обнаружено. В пирогенных условиях на Усть-Бакчарском болоте отмечается максимальные концентрации CO_2 и температура вод в кочках, pH на уровне средней поверхности, а O_2 и ОВП в мочажинах. В условиях лесотундры на фоновой площадке повышенные концентрации CO_2 , ОВП, ЕС отмечены на уровне средней поверхности, а в мочажине повышается O_2 и температура. На пирогенных площадках лесотундры на буграх отмечен рост pH и ОВП, а в талой мочажине отмечаются повышенное содержание O_2 , CO_2 , ЕС и температуры.

Исследование выполнено при финансовой поддержке Российского научного фонда, № 22-77-10024.

Список литературы

1. Kharuk V.I., Ponomarev E.I., Ivanova G.A. et al. Wildfires in the Siberian taiga. *Ambio*, 2021, 50, pp. 1953–1974. <https://doi.org/10.1007/s13280-020-01490-x>, 2021.
2. Ackley C., Tank S.E., Haynes K.M. et al. Coupled hydrological and geochemical impacts of wildfire in peatland-dominated regions of discontinuous permafrost. *Science of the Total Environment*, 2021, Volume 782, 15 August, 146841 DOI: 10.1016/j.scitotenv.2021.146841.
3. Feurdean A., Florescu G., Tantau I. et al. Recent fire regime in the southern boreal forests of western Siberia is unprecedented in the last five millennia. *Quaternary Science Reviews*, 2020, № 244. 106495. DOI: 10.1016/j.quascirev.2020.106495.
4. Nelson, K., Thompson, D., Hopkinson, C. et al. Peatland-fire interactions: A review of wildland fire feedbacks and interactions in Canadian boreal peatlands. *Science of the Total Environment*, 2021, 769, 145212. doi:10.1016/j.scitotenv.2021.145212.
5. Carignan R., D'Arcy P., Lamontagne S. Comparative impacts of fire and forest harvesting on water quality in Boreal Shield lakes. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 2000, 57, pp. 105–117. <https://doi.org/10.1139/f00-125>.
6. Ranalli A. J. A summary of the scientific literature on the effects of fire on the concentration of nutrients in surface waters. US Geological Survey Open-File Report 2004-1296: pp 23. <https://doi.org/10.3133/ofr20041296>.

РАЗНООБРАЗИЕ БОЛОТНЫХ ЛЕСОВ НАЦИОНАЛЬНОГО ПАРКА «БЕЛОВЕЖСКАЯ ПУЩА» (БЕЛАРУСЬ)

Р.В. Цвирко, Д.Г. Груммо

Институт экспериментальной ботаники НАН Беларуси, Минск, Беларусь, r.tsvirko@tut.by

В работе приведена краткая характеристика разнообразия болотных лесов Национального парка «Беловежская пуща», которые занимают территорию общей площадью 30,4 тыс. га и составляют около 25% всей лесной растительности. Распространены такие леса достаточно равномерно. Вместе с тем, их разнообразие выше в пределах лесоболотного комплекса «Дикое», расположенного в северо-восточной части национального парка. Основными ценнообразователями болотных лесов являются *Alnus glutinosa*, *Betula pubescens* и *Pinus sylvestris*. Всего площадь черноольховых лесов составляет 20,6 тыс. га, пушистоберезовых – около 5,5 тыс. га, сосновых болотных лесов – около 3,5 тыс. га. На площади около 800 га встречаются сообщества с преобладанием в древесном ярусе *Picea abies*.

Национальный парк «Беловежская пуща» расположен в юго-западной части Беларуси. Его площадь составляет около 150 тыс. га, из которых 83% занимает лесная растительность. Здесь широко распространены как сообщества, характерные для южной тайги (слово-сосновые и еловые кустарничково-зеленомошные леса южнотаежного облика), так и типичные для Полесья широколиственно-еловые леса с *Carpinus betulus*, дубово-грабово-сосновые и широколиственные леса с *Picea abies* и без нее. Болотные леса, сформированные на торфяных почвах, занимают территорию общей площадью 30,4 тыс. га или почти 25% всех лесов, что является важной составляющей фитоценотического разнообразия национального парка.

Распространены болотные леса на территории Беловежской пущи достаточно равномерно (рисунок 1). Вместе с тем, их разнообразие выше в пределах лесоболотного комплекса «Дикое», расположенного в северо-восточной части парка. Основными ценнообразователями болотных лесов являются *Alnus glutinosa*, *Betula pubescens* и *Pinus sylvestris*. Всего площадь черноольховых лесов составляет 20,6 тыс. га, пушистоберезовых – около 5,5 тыс. га, сосновых болотных лесов – около 3,5 тыс. га. На площади около 800 га встречаются сообщества с преобладанием в древесном ярусе *Picea abies*.

Разнообразие болотных лесов Беловежской пущи можно представить следующим образом.

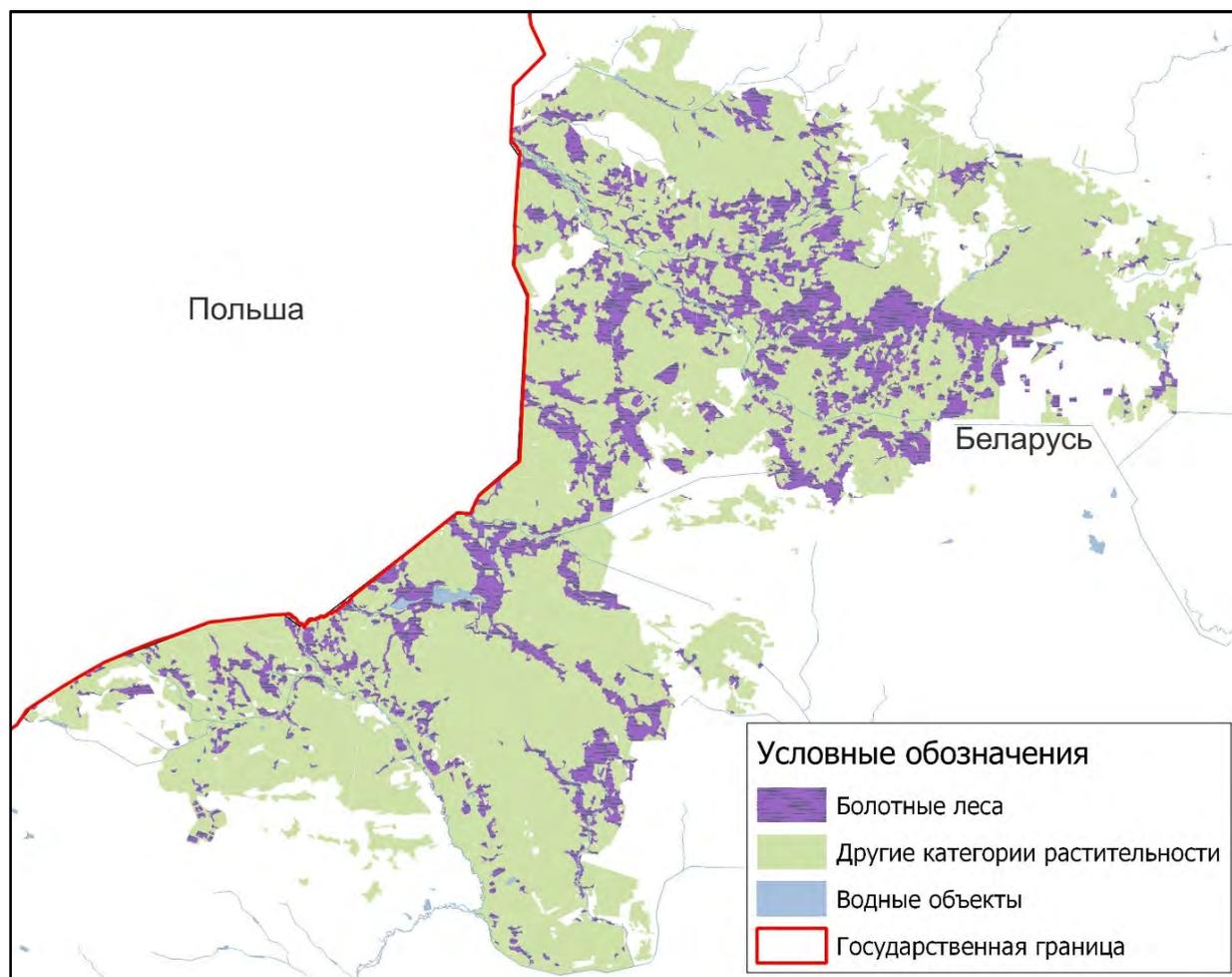


Рисунок 1 – Схема распространения болотных лесов в Национальном парке «Беловежская пуща»

1. Олиготрофные сосновые кустарничково-сфагновые леса.

Распространены равномерно по всей территории национального парка на площади 1,4 тыс га. Формируются на торфяных среднемощных почвах, глубина торфяной залежи в среднем составляет 1,5–1,7 м. Микро рельеф волнистый или кочковатый. Уровень болотных вод (июль-август) составляет в среднем 20–25 см., реакция (рН) находится в пределах 3,6–3,9.

Древесный ярус сообществ образован *Pinus sylvestris* с редким участием в составе древостоя *Betula pubescens* и *Picea abies*. Подрост и подлесок обычно низкой численности (в среднем 0,5–1,5 тыс. шт/га), в нем доминируют *Betula pubescens* и *Pinus sylvestris*, редко встречаются *Picea abies* и *Frangula alnus*. Травяно-кустарничковый ярус густой, обычно проективное покрытие составляет 60–80%. Преобладает *Ledum palustre*, куртины образуют *Eriophorum vaginatum*, *Vaccinium myrtillus* и *V. uliginosum*; высоко постоянство *Andromeda polifolia* и *Охсоссис palustris*. Доминантом мохового покрова обычно является *Sphagnum angustifolium*, субдоминантом – *Sph. divinum*. Иногда довольно крупные куртины формируют *Pleurozium schreberi* с участием *Dicranum polysetum*.

Широкомасштабные осушительные работы второй половины XX в. способствовали трансформации части болотных лесов. В результате чего на данной территории нередко встречаются сообщества на торфяных почвах, но их облик часто близок к чернично-сфагнуво-зеленомощным сосновым лесам, формирующихся на минеральных почвах с торфянистым или торфяно-глеевым горизонтом. Такие леса отличаются также от типичных сообществ более высокой продуктивностью древостоя (III класс бонитета), высоким обилием *Vaccinium myrtillus* и зеленых мхов *Dicranum polysetum* и *Pleurozium schreberi*. Появление в древесном ярусе *Picea abies* и *Betula pubescens* является хорошим признаком того, что в таких местообитаниях снижается уровень грунтовых вод. Дефицит влаги постепенно приводит к изменению соотношения доминантов нижних ярусов растительности «*Ledum palustre*–*Vaccinium myrtillus*» и «*Sphagnum* spp.–*Dicranum polysetum*+*Pleurozium schreberi*».

В условиях с неустойчивым гидрологическим режимом либо локальным подтоплением, в том числе, на ранее осушенных территориях, а также по окраинам крупных массивов олиготрофных кустарничково-сфагновых сосновых лесов в полосе контакта с минеральными почвами отмечены сообщества с высоким обилием в составе древостоя *Betula pubescens* и присутствием в напочвенном покрове мезотрофных гигрофитов *Carex canescens*, *C. lasiocarpa*, *C. nigra*, *Polytrichum commune*, *Sphagnum centrale*, *Sph. fallax*.

На облесенных участках болота Дикое фрагментарно встречаются пушицево-сфагновые сосновые леса. Древесный ярус отличается крайне низкой продуктивностью ($h_{cp}=3,5-4,5$ м, $d_{cp}=4-5$ см, запас – 30–40 м³/га). Основным строителем травяно-кустарничкового яруса является *Eriophorum vaginatum*, образующая волнистый покров из плотных, иногда довольно крупных кочек (до 0,8–1,2 м в диаметре). Содоминантом является *Ledum palustre*, нередко с участием *Calluna*

vulgaris и *Vaccinium uliginosum*. Доля других видов болотных кустарничков (*Andromeda polifolia*, *Охсоссис palustris*) незначительна, но они постоянно присутствуют в нижнем ярусе фитоценозов. Моховой покров сплошной, сложен обычно *Sphagnum divinum*, *S. angustifolium*, реже *S. fallax*.

2. Мезотрофные сосновые и пушисто-березовые травяно-осоково-сфагновые леса.

На территории Беловежской пушицы распространены фрагментарно на площади 2 тыс. га, самые крупные лесные массивы встречаются по периферии низинного осокового болота Дикое. Формируются на среднемощных торфах (1,7–2,0 м), уровень стояния болотных вод летом находится в пределах 20–30 см, рН – от 4,8 до 5,8.

Такой тип сообществ (рисунок 2) занимает промежуточное положение между мезоолиготрофными кустарничково-сфагновыми сосняками и эвтрофными пушистоберезово-черноольховыми лесами. Различие между сосновыми и пушистоберезовыми лесами данной группы происходит порой формально по соотношению в древесном ярусе *Pinus sylvestris* и *Betula pubescens*, так как по видовому составу и структуре фитоценоза они близки. В целом, в лесах с доминированием *Pinus sylvestris* выше разнообразие и проективное покрытие мохообразных, а в березняках – высших соудистых растений.

Древостой образован *Pinus sylvestris* и *Betula pubescens* в различном соотношении с участием *Picea abies*, реже встречается *Alnus glutinosa*. Высота древостоя достигает 19–22 м. Подрост, как правило, низкой численности (1,5–3,0 тыс. шт/га), его образуют *Alnus glutinosa*, *Betula pubescens*, *Picea abies*. Подлесок редкий, высокое постоянство характерно для *Frangula alnus* и *Salix cinerea*, встречаются также *Juniperus communis*, *Salix aurita*, *S. caprea*, *S. rosmarinifolia*, *Sorbus aucuparia*, *Viburnum opulus*.

В травяно-кустарничковом ярусе доминанты не выражены; изредка преобладают *Calamagrostis canescens*, *Carex appropinquata*, *Thelypteris palustris*. Наибольшим постоянством характеризуются *Athyrium filix-femina*, *Carex elongata*, *C. lasiocarpa*, *Comarum palustre*, *Menyanthes trifoliata*, *Equisetum fluviatile*, *Galium palustre*, *Naumburgia thyrsiflora*, *Phragmites australis*, *Peucedanum palustre*. Мозаичность микро рельефа обуславливает высокое разнообразие видов мохового покрова; его проективное покрытие составляет 40–70%. Здесь преобладают сфагновые мхи (*Sphagnum centrale*, *Sph. squarrosum*, *Sph. teres*), среди гипновых мхов высоко постоянство *Aulacomnium palustre*, *Calliergonella cuspidata*, *Calliergon cordifolium*, *C. giganteum*, *Climacium dendroides*, *Pleurozium schreberi*, *Rhytidiadelphus triquetrus*, виды рода *Plagiomnium*.

3. Мезоэвтрофные черноольхово-сосново-еловые травяно-гипновые леса.

Сообщества приурочены к окраинам заболоченных черноольховых лесов и водотокам, обычно формируются на торфяных и торфянисто-глеевых хорошо дренируемых почвах. Встречаются фрагментами по всей территории, занимают площадь около 1,7 тыс.га. Отличаются относительно глубокой для еловых лесов торфяной залежью (в среднем – 1,7 м) и кочковатым мик-

порельефом. Сообщества, вероятно, связаны с черноольховыми лесами, в которых при постепенном снижении уровня грунтовых вод образуется плотный подрост и второй древесный подъярус из *Picea abies*, а затем происходит смена доминанта в древесном ярусе.

Уровень грунтовых вод значительно колеблется в зависимости от времени года; в наиболее обводненных местообитаниях может быть в пределах 20–40 см, в среднем находится на уровне 50 см. Характеризуются высоким видовым разнообразием (45–55 видов в описании). Иногда встречаются черноольхово-елово-сосновые леса, отличающиеся лишь по доминирующему виду древесного яруса.

Древостой образован *Picea abies*, *Pinus sylvestris* и *Alnus glutinosa* с участием *Betula pubescens*; обычно выражен второй подъярус из *Picea abies*. Высота древостоя достигает 20–23 м. В подросте преобладает *Picea abies*, высоко постоянство *Alnus glutinosa* и *Quercus robur*. Подлесок редкий, обычно его формируют *Frangula alnus*, *Corylus avellana* и *Sorbus aucuparia*.

В травяно-кустарничковом ярусе выраженных доминантов нет. На микроповышениях преобладают бореальные кустарнички и травы – *Dryopteris expansa*, *Lycopodium annotinum*, *Maianthemum bifolium*, *Oxalis ace-*

tosella, *Rubus saxatilis*, *Trientalis europaea*, *Vaccinium myrtillus*, *V. vitis-idaea*. В понижениях часто встречаются *Athyrium filix-femina*, *Caltha palustris*, *Carex elongata*, *C. remota*, *Chrysosplenium alternifolium*, *Circaea alpina*, *Coccyganthe flos-cuculi*, *Crepis paludosa*, *Festuca gigantea*, *Galium palustre*, *Geranium robertianum*, *Impatiens noli-tangere*, *Lycopus europaeus*, *Lysimachia vulgaris*, *Milium effusum*, *Naumburgia thyrsiflora*, *Phragmites australis*, *Solanum dulcamara*, *Thelypteris palustris*, *Urtica dioica*, *Viola epipsila*).

Моховой покров характеризуется высоким видовым разнообразием. Наибольшим обилием отличаются *Calliergonella cuspidata*, *Hylocomium splendens* и *Pleurozium schreberi*; часто встречаются *Brachythecium rivulare*, *Calliergon cordifolium*, *Eurhynchium angustirete*, *Plagiomnium affine*, *P. cuspidatum*, *P. ellipticum*, *P. undulatum*, *Polytrichum commune*, *Rhytidiadelphus triquetrus*, *Sphagnum centrale*, *Sph. girgensohnii*, *Sph. squarrosum*.

В последние десятилетия площадь таких лесов на территории национального парка значительно сократилась из-за периодических массовых усыханий *Picea abies*. На их месте обычно формируются смешанные елово-черноольхово-березовые или черноольхово-елово-сосновые леса.



Рисунок 2 – Фрагмент сосновых травяно-осоково-сфагновых лесов

4. Черноольховые и широколиственно-черноольховые крапивные леса.

Формирование лесов происходит в экотопах с относительно глубокой (более 1 м) и хорошо дренируемой торфяной залежью. Приурочены сообщества к долинам лесных рек и ручьев, окраинам низинных болот. Распространены на всей территории, занимают площадь около 6,7 тыс. га, наиболее крупные массивы сосредоточены в центральной части национального парка.

Сообщества занимают промежуточное положение между мезофитными широколиственными, заболочен-

ными еловыми и черноольховыми лесами. Наличие торфа свидетельствует, что в прошлом эти местообитания были высокообводненными. В результате процессов, ведущих к дренированию торфа, например, снижения уровня грунтовых вод под воздействием мелиоративных каналов, расположенных по периферии природного комплекса Беловежской пуши, такие леса получили широкое распространение.

Древесный ярус формирует *Alnus glutinosa* с высоким постоянством и обилием *Picea abies*, нередко образующей плотный второй подъярус. В составе древостоя

обычны *Fraxinus excelsior* и *Quercus robur*. На нарушенных участках отмечается комбинация *Betula pendula*+*Betula pubescens*+*Alnus glutinosa*. Высота древостоя достигает 26–28 м. В хорошо развитом подлеске доминирует *Corylus avellana* с участием *Daphne mezereum*, *Frangula alnus*, *Padus avium*, *Ribes spicatum*, *Sorbus aucuparia*, *Viburnum opulus*.

В напочвенном покрове преобладают *Impatiens noli-tangere* и *Urtica dioica*. Высоко постоянство таких видов, как *Athyrium filix-femina*, *Carex elongata*, *C. remota*, *Cirsium oleracium*, *Crepis paludosa*, *Chrysosplenium alternifolium*, *Circaea alpina*, *Dryopteris carthusiana*, *D. expansa*, *Galeobdolon luteum*, *Geranium robertianum*, *Lysimachia vulgaris*, *Maianthemum bifolium*, *Milium effusum*, *Oxalis acetosella*, *Paris quadrifolia*, *Ranunculus repens*, *Rubus idaeus*, *R. saxatilis*, *Solanum dulcamara*, *Stellaria nemorum*, *Viola epipsila*. Мохообразные произрастают на валежнике и в виде отдельных куртин на почве, где образуют покрытие до 30%.

5. Черноольховые и пушистоберезово-черноольховые гигрофильно-травяные леса.

Формируются леса в ложбинах с незначительным сточным уклоном, тип водно-минерального питания – эвтрофный. Глубина торфяной залежи составляет более 1,5 м, торф обычно осоково-тростниково-древесный. Хорошо выражена кочковатость, которая образуется в процессе смен поколений *Alnus glutinosa*. Уровень воды практически всегда находится вблизи поверхности земли, его амплитуда велика; рН болотных вод составляет в среднем 5,9.

Данная группа сообществ является самой распространенной среди болотных лесов на территории Беловежской пуши, занимают площадь около 11,7 тыс. га и нередко образуют крупные лесные массивы, в частности, основная их часть сконцентрирована в пределах лесоболотного комплекса «Дикое».

Древесный образует *Alnus glutinosa* с участием *Betula pubescens*, реже отмечаются *Picea abies* и *Fraxinus excelsior*. Подлесок формируется на приствольных повышениях, в нем наиболее обильны *Viburnum opulus*, *Frangula alnus*, *Euonymus europaea*, *Ribes nigrum*, *R. spicatum*, *Rubus idaeus* и *Padus avium*. В березняках обычны также *Salix cinerea* и *S. pentandra*.

Напочвенный покров сообществ отличается высоким проективным покрытием (более 70%). Для приствольных повышений характерно присутствие бореального мелкотравья. На хорошо дренируемых ровных участках высоко обилие неморальных видов, хотя в целом в сообществах преобладают гигро- и гелофильные виды. Фон покрова образуют *Athyrium filix-femina*, *Impatiens noli-tangere* и *Urtica dioica*. Высокое постоянство имеют *Caltha palustris*, *Carex acutiformis*, *C. elongata*, *Chrysosplenium alternifolium*, *Dryopteris carthusiana*, *Filipendula ulmaria*, *Galium palustre*, *Geranium robertianum*, *Iris pseudacorus*, *Lycopus europaeus*, *Lysimachia vulgaris*, *Maianthemum bifolium*, *Myosotis palustris*, *Naumburgia thyrsiflora*, *Oxalis acetosella*, *Phragmites australis*, *Poa palustris*, *Ranunculus repens*, *Scirpus sylvaticus*, *Solanum dulcamara*, *Thelypteris palustris*, *Vaccinium myrtillus*.

Моховой покров развит слабо, мохообразные произрастают на валежнике и в виде отдельных куртин на почве. Наибольшей встречаемостью характеризуются эвтрофные гигрофиты и мезогигрофиты – *Calliergonella cuspidata*, *Calliergon cordifolium*, *Climacium dendroides*, виды родов *Brachythecium* и *Plagiomnium*.

Сообщества данной ассоциации являются устойчивыми при стабильном гидрологическом режиме. Сукцессионно связаны с эвтрофными травяными болотами, которые могут зарастать древесно-кустарниковой растительностью при определенных условиях, например, снижение уровня грунтовых вод и отсутствие кошения.

6. Черноольховые и пушистоберезово-черноольховые осоковые леса.

По видовому составу сообщества близки к предыдущей группе, однако отличаются от нее более простой вертикальной структурой и отсутствием или низкой встречаемостью неморальных видов вследствие обильного увлажнения и высокой конкурентной способности вида-доминанта *Carex riparia*.

Распространены по всей территории национального парка, концентрируются на равнинных участках в поймах рек, вдоль водотоков, в оторфованных ложбинах со слабым сточным уклоном. Для местообитаний характерен поемный режим подтопления, в начале вегетационного периода сохраняется высокий уровень воды на поверхности, выражена кочковатость. вдоль рек, в том числе и в местах густой сети временных водотоков. Глубина торфяной залежи составляет около 1,0 м, торф обычно осоково-тростниково-древесный.

Древесный ярус формируют *Alnus glutinosa* с участием *Betula pubescens*, на приствольных повышениях отмечаются единичные деревья *Picea abies*. Подлесок редкий, рассеянно встречаются *Salix cinerea*, *Frangula alnus*, *Viburnum opulus*, *Padus avium*. Ценофлору сообществ формируют гидро- и гигрофильные виды с преобладанием *Carex riparia*. В травяном ярусе наиболее постоянны *Carex acutiformis*, *C. elongata*, *Lycopus europaeus*, *Lysimachia vulgaris*, *Galium palustre*, *Phragmites australis*, *Ranunculus repens*, *R. lingua*, *Scirpus sylvaticus*, *Solanum dulcamara*, *Thelypteris palustris*. Моховой покров развит слабо, мохообразные (*Climacium dendroides*, *Eurhynchium angustirete*, виды родов *Brachythecium* и *Plagiomnium*) произрастают на валежнике и кочках.

С позиции синтаксономии олиготрофные сосновые леса соответствуют союзу *Vaccinio uliginosi-Pinion sylvestris* Passarge 1968, мезотрофные сосновые и пушистоберезовые леса могут быть отнесены к союзу *Betulion pubescentis* Lohmeyer et Tx. ex Oberd. 1957. Положение мезоэвтрофных черноольхово-сосново-еловых травяно-гипновых лесов в системе высших единиц растительности на данный момент оценивается неоднозначно, по составу, структуре и экологии они близки к союзу бореальных еловых болотных лесов Европы и Западной Сибири *Calamagrostio canescentis-Piceion abietis* Solomesch in Willner et al. 2015. Черноольховые и широколиственно-черноольховые крапивные леса соответствуют союзу *Alnion incanae* Pawłowski et al. 1928, а гигрофитные черноольховые и пушистоберезово-черноольховые леса – союзу *Alnetalia glutinosae* Tx. 1937.

РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ РЕАБИЛИТАЦИИ НАРУШЕННЫХ ТОРФЯНИКОВ В ПОЛЕССКОМ ГОСУДАРСТВЕННОМ РАДИАЦИОННО-ЭКОЛОГИЧЕСКОМ ЗАПОВЕДНИКЕ (БЕЛАРУСЬ), ЗАГРЯЗНЕННЫХ РАДИОНУКЛИДАМИ (ОЦЕНКА ГИДРОЛОГИЧЕСКОГО РЕЖИМА)

А.И. Чайковский¹, М.В. Максименков¹, М.В. Кудин²,
И.А. Богданович¹, С.С. Терещенко¹, И.Ю. Гигиняк¹

¹Научно-практический центр НАН Беларуси по биоресурсам, Минск, Беларусь, chai-kovski@tut.by

²Полесский государственный радиационно-экологический заповедник, Хойники, Беларусь, max.kudin@mail.ru

В 2023 г. выполнены работы по экологической реабилитации нарушенных торфяников на проектной территории Погонянское-2, расположенной в Полесском государственном радиационно-экологическом заповеднике, на площади 5946,2 га путем возведения ряда глухих земляных и переливных каменно-набросных перемычек с перепадом уровней воды между ними около 0,3 м. Мониторинг гидрологического режима до и после выполнения строительных работ проводили на 4 пунктах при помощи датчиков уровня грунтовых вод (УГВ). В результате анализа полученных данных сделано заключение, что в результате выполнения работ произошел подъем УГВ до отметок, обеспечивающих восстановление биосферных функций болот. При условии полного насыщения торфа водой торфяника Погонянское-2 обеспечено накопление и поддержание запасов воды в объеме 98 189,28 тыс. м³ и в торфянике Колыбанское в объеме 4 034,88 тыс. м.

В 2023 г. в рамках Государственной программы по преодолению последствий катастрофы на Чернобыльской АЭС на 2021-2025 гг. выполнены работы по экологической реабилитации нарушенных торфяников на проектной территории Погонянское-2, расположенной в Полесском государственном радиационно-экологическом заповеднике (далее – ППРЭЗ), на площади 5946,2 га. В 1980-е гг. эти торфяники были осушены открытой гидромелиоративной сетью и использовались в сельскохозяйственных целях (выпас скота, выращивание многолетних трав и пропашных культур). На отдельных участках торфяников велась добыча торфа фрезерным способом. После завершения торфодобычи выработанные торфяники частично использовались для сельскохозяйственных нужд, частично без рекультивации были переданы в лесной фонд. После аварии на Чернобыльской АЭС рассматриваемая территория вошла в зону эвакуации (отчуждения). Сельскохозяйственная деятельность здесь была прекращена, уход за гидротехническими сооружениями и мелиоративной сетью перестал осуществляться, однако осушительная сеть продолжила дренировать торфяники.

Следует особо подчеркнуть, что проблема восстановления нарушенных болот для ППРЭЗ является особо актуальной, так как эта территория характеризуется максимальными плотностями поверхностного радиоактивного загрязнения почвы долгоживущими радионуклидами, включая трансурановые элементы, которые могут переноситься с паводковыми водами и воздушными потоками при возникновении торфяных и лесных пожаров. В этой связи правительством в рамках государственных программ по преодолению катастрофы на Чернобыльской АЭС были разработаны и реализованы ряд проектов по предотвращению смыва радионуклидов с наиболее загрязненных участков ППРЭЗ и снижению пожарной опасности в зоне отчуждения и отселения в Хойникском и Брагинском районах Гомельской области, которые были завершены в 2014 г. В результате перекрытия каналов гидромелиоративных сетей произошел подъем уровней грунтовых вод, увеличилась водообеспеченность бывших мелиорированных угодий, были сформированы крупные за-

топления (Пирковское, Чикаловское, Борщевское), и как следствие, начались процессы естественного восстановления болот. Однако следует отметить, что целью выполнения данных работ не являлось проведение повторного заболачивания нарушенных торфяников. Они сводились в основном к перекрытию магистральных каналов на выходе из мелиоративных систем, что приводило, как правило, к образованию мелководных водоемов в месте подпора водотоков, тогда как большая часть мелиоративных систем выше по течению каналов оставалась в необходимом состоянии.

Климатические изменения (уменьшение количества осадков в регионе в последние годы), выход из строя отдельных гидротехнических сооружений и иные причины привели к снижению уровня грунтовых вод (далее – УГВ) на ранее обводненных торфяниках. Большинство образовавшихся мелководных водоемов («разливов») пересохло. Восстановление естественной болотной растительности на торфяниках в ППРЭЗ из-за неравномерного поднятия грунтовых вод происходило медленными темпами, рудеральная растительность продолжила господствовать на участках с низким УГВ и на местах бывших пожарищ. Повысилась опасность возникновения пожаров и связанных с ними залповых выбросов диоксида углерода и выноса на сопредельные территории радионуклидов. Выше названные причины обусловили необходимость реализации проекта по проведению повторного заболачивания нарушенных торфяников по объекту Погонянское-2.

Всего в рамках реализации строительного проекта по экологической реабилитации объекта Погонянское-2 было возведено 20 глухих земляных перемычек на основных каналах осушительной сети и 2 переливные каменно-набросные перемычки на реке Несвич с перепадом уровней воды между ними около 0,3 м. Кроме того, на реке Несвич устроен илонакопитель протяженностью 700 м путем углубления реки на 1 м с заложением откосов не менее 1:2 с целью аккумуляции радионуклидов в донных отложениях.

Объективным показателем повторного заболачивания нарушенных торфяников является оценка того, насколько обеспечен подъем и стабилизация уровня

стояния болотных вод в отметках, необходимых для восстановления биосферных функций болот. В этой связи работы по повторному заболачиванию по объекту Погонянское-2 сопровождалось мониторингом гидрологического режима до и после выполнения строительных работ. Сбор данных об уровнях стояния болотных вод проводили на 4 пунктах гидрологического мониторинга при помощи датчиков УГВ «Устройство диспетчерское регистрирующее универсальное с интегрируемыми датчиками ДРУИД», начиная с 01.06.2023 г. по 16.05.2024 г. Всего в рамках проведения гидроло-

гического мониторинга было установлено 3 датчика мониторинга УГВ на основных каналах осушительной сети (датчики УГВ_ПГРЭЗ-1, УГВ_ПГРЭЗ-2, УГВ_ПГРЭЗ-3) и один датчик – в центральной части восстанавливаемого торфяника (датчик УГВ_ПГРЭЗ-4).

Для анализа зависимости УГВ от количества выпавших осадков были использованы сведения о суточной динамике осадков на метеорологической станции, расположенной в г. Гомель. Данные о количестве выпавших осадков и отклонение от нормы (в процентах) за период наблюдений в регионе представлены на рисунке 1.

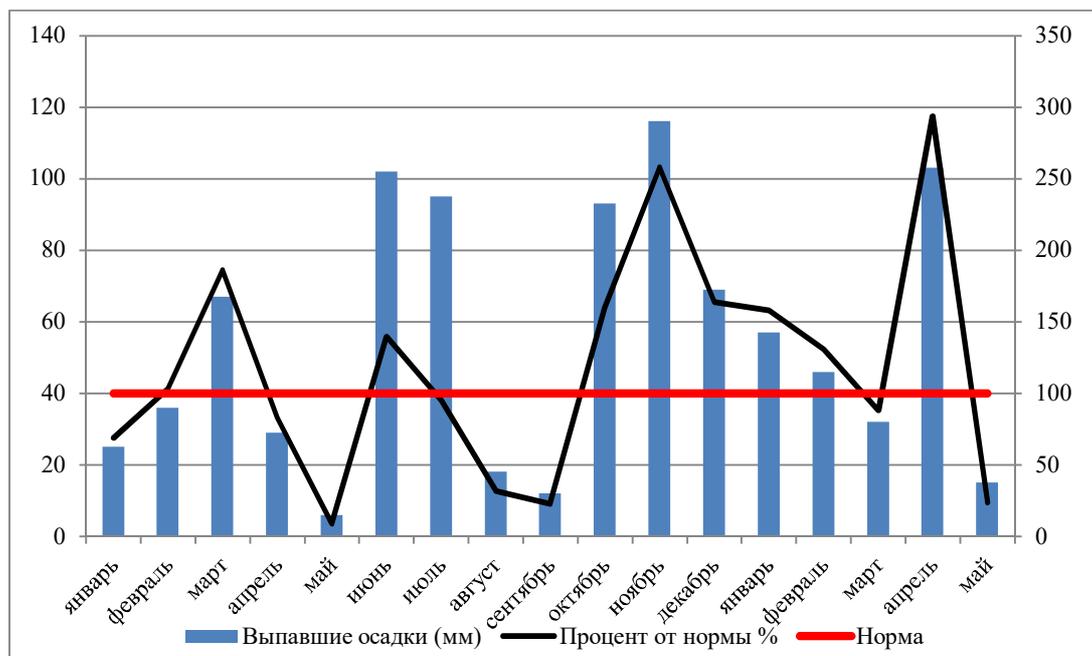


Рисунок 1 – Количество выпавших осадков на метеорологической станции в г. Гомель (мм/месяц) с января 2023 г. по май 2024 г.

Анализ полученных данных показал, что среднемесячное количество осадков, выпавших в этот период, колебалось в значительных отметках, что не могло не сказаться на состоянии гидрологического режима восстанавливаемого торфяника. Так, в период с апреля по сентябрь (включительно) 2023 г. выпало 66% от нормы осадков, в то время как с октября 2023 г. по март 2024 г. количество осадков составило 176% от нормы. Особо следует выделить апрель 2024 г., в течение которого среднемесячная норма осадков была превышена практически в 3 раза.

Данные, полученные с датчиков УГВ, свидетельствуют о том, что после проведения работ по повторному заболачиванию на каналах осушительной сети и на торфянике произошел значительный подъем и стабилизация уровней воды (рисунки 2-3).

Минимальные уровни стояния грунтовых вод за период наблюдений до проведения работ по повторному заболачиванию были отмечены в сентябре – начале октября 2023 г. и находились в пределах от -170 мм до -705 мм от поверхности почвы (см. рисунок 2). Низкий УГВ во многом объясняется незначительным количеством осадков, выпавших за этот период: в августе 2023 г. количество осадков составило 32% от среднемесячной нормы, в сентябре – 23%. Подъем УГВ начался во 2-й половине октября и совпал с периодом интенсивных осадков: в октябре 2023 г. выпало 160%

от среднемесячной нормы, в ноябре – 258%, декабре – 164%. В этот период происходило насыщение торфа водой до его полной влагоемкости. Выход воды на поверхность торфяника был отмечен в середине ноября 2023 г. После завершения строительных работ по перекрытию осушительной сети (3-я декада декабря 2023 г.) и при условии весеннего снеготаяния подъем воды на болоте продолжился и достиг максимума в конце апреля-начале мая 2024 г. Максимальный уровень стояния болотных вод в центральной части торфяника (датчик 4) составил +44 см от поверхности почвы, затем уровень воды стал снижаться и на конец мая (последний срок снятия данных с датчика УГВ) составил +32 см от поверхности почвы, тогда как конце мая 2023 г. в это время он уже находился ниже поверхности почвы (см. рисунки 2, 3, рисунок 4). По свидетельству работников заповедника уровень +10... +30 см в центральной части болота сохранился до середины лета, тогда как в предыдущие годы снижение УГВ в этот период составляло до -40 см от поверхности почвы.

Таким образом, исходя из полученных данных на пунктах мониторинга УГВ по объекту Погонянское-2, можно сделать заключение, что в результате выполнения работ по экологической реабилитации нарушенного торфяника произошел подъем уровня грунтовых вод до отметок, обеспечивающих восстановление биосферных функций болот. В 3-й декаде мая 2024 г. на

пункте мониторинга УГВ_ПГРЭЗ-3 вода находилась на отметках, составляющих +32 см от поверхности почвы. Сформировавшийся уровень грунтовых вод превышает плановые отметки, установленные научным обоснованием и строительным проектом [1] в соответствии с требованиями законодательства Республики Беларусь в области охраны и устойчивого использования торфяников: обеспечение подъема УГВ равномерно по всей площади торфяника не ниже поверхности земли [2]. Данная ситуация объясняется в первую очередь значительным превышением нормы осадков, выпавших в период с октября 2023 г. по апрель 2024 г.: средний месячный уровень осадков за этот период составил 179% от нормы. Однако материалы гидрологического мониторинга свидетельствуют, что в результате реализации строительного проекта обеспечено исключение боль-

шой амплитуды колебаний УГВ в течение года, которое в 2023 г. на отдельных участках составляло до 1,8 м. Однако достоверное заключение об амплитудах колебания УГВ на торфянике можно сделать только после завершения 2-3 летнего цикла гидрологического мониторинга.

В качестве положительного момента необходимо отметить, что реализация проекта по экологической реабилитации нарушенных торфяников по объекту Погонянское-2 при условии полного насыщения торфа водой обеспечила накопление и поддержание запасов воды в торфянике Погонянское в объеме 98 189,28 тыс. м³ и в торфянике Колыбанское в объеме 4 034,88 тыс. м³ [3], что однозначно окажет благоприятное воздействие на поверхностные и подземные воды во всей левобережной части ПГРЭЗ.

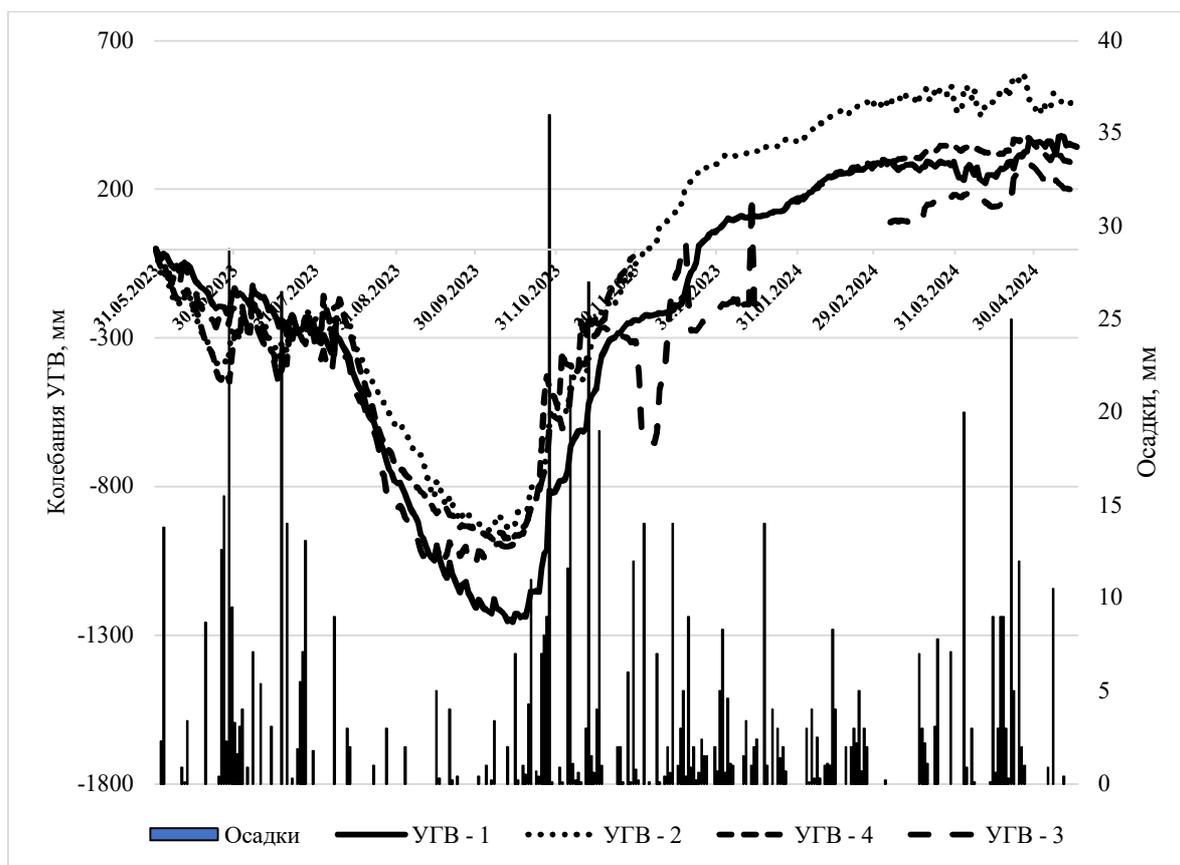


Рисунок 2 – Динамика УГВ на объекте Погонянское-2 по датчикам УГВ_ПГРЭЗ-1-УГВ_ПГРЭЗ-4

а

б



Рисунок 3 – Уровень стояния болотных вод на участке Чикаловских разливов в 2020 г. (а) и 3-й декаде мая 2024 г. (б)



Рисунок 4 – Уровень стояния болотных вод на месте установки датчика УГВ_ПГРЭЗ-3 в 3-й декаде мая 2023 г. (а) и 3-й декаде мая 2024 г. (б)

Экологическая реабилитация нарушенных торфяников не предполагает обязательного восстановления природного комплекса до исходного состояния. Такой подход невозможен для проектной территории Погонянское-2, так как ранее существовавшие здесь низинные болота претерпели коренные изменения в результате проведения осушительной мелиорации и длительного хозяйственного использования. Научные и технические подходы, реализованные при проведении экологической реабилитации проектной территории, были направлены на то, чтобы состав и структура сложившихся после повторного заболачивания экосистем обеспечивали выполнение ими основных биосферных функций как можно с большим приближением к естественным. В целом, с учетом полученных данных по уровням стояния грунтовых вод по проектной территории Погонянское-2, можно прогнозировать, что восстановление низинных болот будет происходить по следующим сценариям:

– на возвышенных и мало обводненных участках при уровнях стояния болотных вод до -30 см сформируются формации мелколиственных насаждений, заболоченных черноольшаников и пушистоберезняков преимущественно осокового, осоково-травяного, болотно-папоротникового типов леса. На открытых от древесно-кустарниковой растительности участках дальнейшее распространение получит пельельноивняковая формация, выдерживающая затопление в период сезо-

нов с избыточными осадками на глубину до 50 см от поверхности почвы;

– при уровнях стояния болотных вод около поверхности почвы сохраняются участки с древовидными кустарниками осокового типа и болотным разнотравьем. При таком состоянии обводнения в северной части проектной территории сохраняются, или будут формироваться, березовые насаждения. Открытые безлесные участки с доминированием тростника южного являются достаточно фитоценотически устойчивым вариантом на болотах низинного типа. Луговые и синантропные сообщества трансформируются в открытые низинные луга осоково-тростникового типа. Открытый торф в течение двух лет покроеется осоками, тростником, болотным разнотравьем, ивовыми кустарниками;

– при постоянном или длительном стоянии болотных вод от 0 до +30 см от поверхности почвы произойдет отпад древостоя, мягколиственные насаждения сменятся кустарниковыми и кустарниково-тростниковыми сообществами. На открытых участках произойдет активное распространение тростника, рогоза и осок. В основном за счет повышения долевого участия в травостое тростника возрастет продуктивность наземной фитомассы сообществ;

– при подъеме уровня воды выше +30 см от поверхности почвы сформируются мелководные водоемы болотного типа с водной растительностью («затопле-

ния» или «разливы»). Затем, по мере зарастания, водоемы превратятся в тростниковые и осоковые болота. В последующем (в течение нескольких десятилетий) в результате зарастания водоемов на таких участках будет формироваться единый болотный массив с ровной поверхностью. В этом случае произойдет восстановление естественных низинных болот и характерного

для них биологического разнообразия. В течение 10-15 лет на всей проектной территории восстановится водно-болотная фауна и флора;

– на возвышенных участках (окраины торфяника, бровки каналов, минеральные острова и др.) будут протекать процессы естественного возобновления леса с последующим формированием насаждений.

Список литературы

1. Строительный проект «Повторное заболачивание торфяника Погонянское -2, расположенного в Хойникском и Брагинском районах Гомельской области», объект 52/2022 ООО «ПинскЖилПроект», Пинск, – 335 с.
2. Об охране и использовании торфяников [Электронный ресурс] : Закон Респ. Беларусь, 18 дек. 2019 г. № 272-3 // ЭТАЛОН. Законодательство Республики Беларусь / Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. – Минск, 2022.
3. Охрана окружающей среды и природопользование. Территории. Правила и порядок определения и изменения направлений использования выработанных торфяных месторождений и других нарушенных болот: ТКП 17.12-01-2008 (02120). – Введ. 31.10.2008 г. – Минск : РУП «Бел НИЦ «Экология», 2008. – 13 с.

МОНИТОРИНГ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ СФАГНОВОГО БОЛОТНОГО КОМПЛЕКСА НА ЮЖНОЙ ГРАНИЦЕ ПОДТАЙГИ ДИСТАНЦИОННЫМИ И НАЗЕМНЫМИ МЕТОДАМИ

Г.А. Шайхутдинова¹, В.П. Хомяков², К.А. Лисовская², Н.Р. Шафигуллина¹

¹Казанский (Приволжский) федеральный университет, Казань, Россия, gshaykhu@gmail.com, nadiashafigullina@gmail.com

²Московский государственный институт международных отношений (университет) МИД России, Москва, Россия, v.hamster04@gmail.com, ksenialisovskaa91@gmail.com

Представлены результаты реализации программы дистанционных (с помощью беспилотного летательного аппарата) и наземных наблюдений малой охраняемой территории. Построены крупномасштабные карты и профиль мощности торфяной залежи; для прогноза состояния болотного комплекса выполнены расчеты объемов водного стока при различном уровне лесистости площади водосбора. По результатам анализа изменчивости функциональных признаков растений и сфагновых мхов определены оптимальные условия сосуществования видов.

Важность сохранения болотных экосистем, являющихся уникальными природными комплексами с ярко выраженными регулирующими среду функциями, общепризнана. Для разработки подходов охраны необходимо понимание экологических и биологических особенностей функционирования болотных экосистем как в различных природных, так и антропогенных условиях. Изучаемый болотный комплекс, вытянутой формы, расположен в понижении послеледниковой балки, прорезающей левобережную высокую террасу Волги, в пограничных условиях подтайги и лесостепи, а также болотных зон – верховых сосново-сфагновых и низинных травяных болот, низинных осоковых и тростниковых болот [3]. Экотопы сфагновых болот в Республике Татарстан характеризуются бедностью минерального питания и на уровне болотных массивов относятся к переходному типу, с включением небольших участков болот верхового типа [2]. Общая низкая заболаченность территории Татарстана (0,4%) и редкость сфагновых болот обуславливают необходимость брать подобные комплексы под охрану, тем более, что они в условиях низкой лесистости региона обычно встроены в антропогенные ландшафты. Но из-за малых размеров сфагновые болота республики охраняются в основном в статусе памятников природы регионального значения, что не обеспечивает необходимый уровень защиты и контроль состояния.

Общая площадь изучаемого болотного массива около 10 га. В начале 1960-х гг. полотном трассы А-295 массив был разделен на две части. Северная часть (3,7 га) в 2002 г. вошла в состав охранной зоны Волжско-Камского государственного природного заповедника, южная (6,3 га) с 1981 г. охраняется в статусе памятника природы, вместе с прилегающими участками склонов балки. Ежегодные наблюдения за болотным комплексом и прилегающими экосистемами ведутся с 2018 г. дистанционными и наземными способами.

Дистанционный мониторинг выполняется с помощью беспилотного летательного аппарата (БПЛА), которые получили в последние годы широчайшее применение, в том числе в народном хозяйстве и экологических исследованиях [7]. Такой вид наблюдений открывает возможности оперативного отслеживания антропогенных нарушений, особенно для малых охраняемых территорий, которые трудно контролировать. Крупномасштабные съемочные данные, полученные с БПЛА, совместно с результатами наземных наблюдений, обеспечивают выполнение пространственного анализа данных и прогнозного моделирования для разработки программ управления.

Комплексе выполненных наземных исследований включает промеры мощности торфяной залежи и построение продольных профилей глубины залегания торфа; картирование природных и антропогенных эле-

ментов особо охраняемых природных территорий, а также границ водосбора болотного комплекса для расчета объемов водного стока; сбор и анализ ботанических данных – функциональных показателей болотных растений и сфагновых мхов в различных по мощности участках торфяной залежи болотного комплекса для понимания механизмов их адаптации к условиям обитания. К функциональным признакам растений могут быть отнесены любые несистематические признаки (масса семян, высота генеративных или вегетативных побегов, площадь, вес и длина листьев и т.п.), при этом варьирование признаков у видов в сообществах свидетельствует о дифференциации их экологических ниш, характеризует стратегии жизни растений [16], маркирует изменения градиентов среды в ходе сукцессий [4] и служит оценкой филогенетического сигнала [10].

Оценка и прогноз экологического состояния болотного комплекса. Аэрофотосъемочные работы (4 года наблюдений) проводились с использованием мультироторного БПЛА DJI Phantom 4, снабженного фотокамерой с разрешением 12 мп, и встроенным высокоточным ГНСС-приемником (ООО «Геоскан», г. Санкт-Петербург), позволяющим автоматически получать координатах местоположения от сети референсных станций и спутников. Управление осуществляли со смартфона с использованием программы «DroneDeploy», позволяющей формировать полетное задание и задавать параметры съемки. Съемка выполнялась на высоте 150 м, продольное перекрытие снимков – 60-80%, поперечное перекрытие снимков – 60-80%, положение камеры – 90°, маршрут – площадная съемка. Фотограмметрические работы и создание 3D-модели территории реализованы в программе Agisoft Photoscan по стандартной методике [6] в следующей последовательности: анализ и отбраковка снимков, построение накладки монтажа и фотопланов, построение облака точек, построение ортофотоплана.

С помощью ручного пробоотборника Eijkelkamp сделаны промеры мощности торфяных залежей обеих частей болотного комплекса по методике [12]. Бурение залежей выполнено точно по всей длине с частотой 30-70 м в южной части и с частотой 20-40 м в северной части. При выборе частоты промеров опирались на изменение состава растительности участков болота и на результаты дистанционных наблюдений. Все пробы торфа, полученные при бурении, имели светло-коричневый цвет, характерный для верховых торфов, и типичную для торфов мохового происхождения губчатую структуру. Координаты каждого места погружения бура фиксировались GPS-приемником. Выполнено 37 промеров: 24 в южной части и 13 в северной. Данные промеров с учетом их координат визуализированы на ортофотоплане, построены продольные профили глубины залегания торфа (рисунок). В южной части болотного комплекса диапазон мощности торфа варьирует от 40 до 400 см, создавая разнообразие болотных экотопов. В северной части, расположенной в охранной зоне заповедника, мощность колеблется от 150 до 800 см. В условиях максимальной мощности залежи формируется мертвопокровный березняк, в верхнем слое которого вероятно уже протекают процессы гумификации и минерализации торфянистой массы [5].

При дешифрировании фотопланов создана библиотека дешифровочных признаков, намечены границы водосборов северного и южного участков болот, построены карты и рассчитаны площади природных и антропогенных элементов ландшафтного комплекса балки в среде ГИС MapInfo Professional. Сравнение фотопланов за 4 года наблюдений позволило зафиксировать систематические нарушения режима охраны памятника природы: сброс мусора на лесной опушке и полянах, заезд мототехники на болото. В первые 2 года наблюдений на безлесном склоне южной части балки, производился интенсивный выпас скота, за два сезона зафиксировано увеличение в 1,5 раза площади эродированных участков и скотобойных троп. В сезон 2020 г. выпас прекратился и сбитые участки начали зарастать.

С использованием рассчитанных значений площадей различных типов покрытия водосбора и коэффициентов среднего многолетнего стока для различных поверхностей [9, 11] по типовым формулам [8] и данным о слое осадков для территории [1] рассчитаны объемы среднего многолетнего водного стока с площади водосбора отдельно для северного и южного участка балки (таблица). Сравнение результатов позволило выполнить прогноз состояния болотных комплексов.

В северной части балки, несмотря на большую водосборную площадь, высокие показатели лесистости показывают низкий уровень объема стока за счет затрат на испарение и транспирацию. При полном зарастании луговых участков лесом, объем стока в северной части балки снизится еще почти в три раза, что может привести к потере болотной экосистемы. В южной части балки из-за невысокой облесенности водосбора величина объема стока выше, чем в северной (см. таблицу, рисунок) и соответственно больше площадь не заросших лесом болот. Дифференциация торфонакопления по длине комплекса обеспечивается неравномерностью водного стока из-за мозаичного покрытия территории лесом и длительным выпасом на прилегающих склонах. В случае зарастания лугов лесом в ходе постпасторальных восстановительных сукцессий, норма стока уменьшится в 4 раза от существующей, и станет в 3,5 раза меньше современной нормы стока для северной части, что неизбежно приведет к упрощению структуры южного болотного комплекса и потере части видовой разнообразия. Для сохранения природоохранной ценности болотного комплекса необходима разработка программы управления, в поддержку величины оптимальной лесистости водосборной площади.

Анализ изменчивости функциональных признаков растений по градиенту мощности торфяной залежи. Сбор полевого материала проводился на пробных площадях, заложенных вдоль линии промеров мощности торфяной залежи. Проведены измерения высоты генеративных побегов пяти наиболее постоянных для всех площадок видов (*Menyanthes trifoliata* L., *Comarum palustre* L., *Chamaedaphne calyculata* (L.) Moench, *Betula pubescens* Ehrh., *Frangula alnus* Mill.), собраны и пронумерованы образцы листьев (по 30 шт. для каждого вида на каждой площадке). У каждого листа непосредственно перед сбором с помощью оптического прибора SPAD-502 (Konica-Minolta), измерен коэффициент пропускания листьями света в красной и ин-

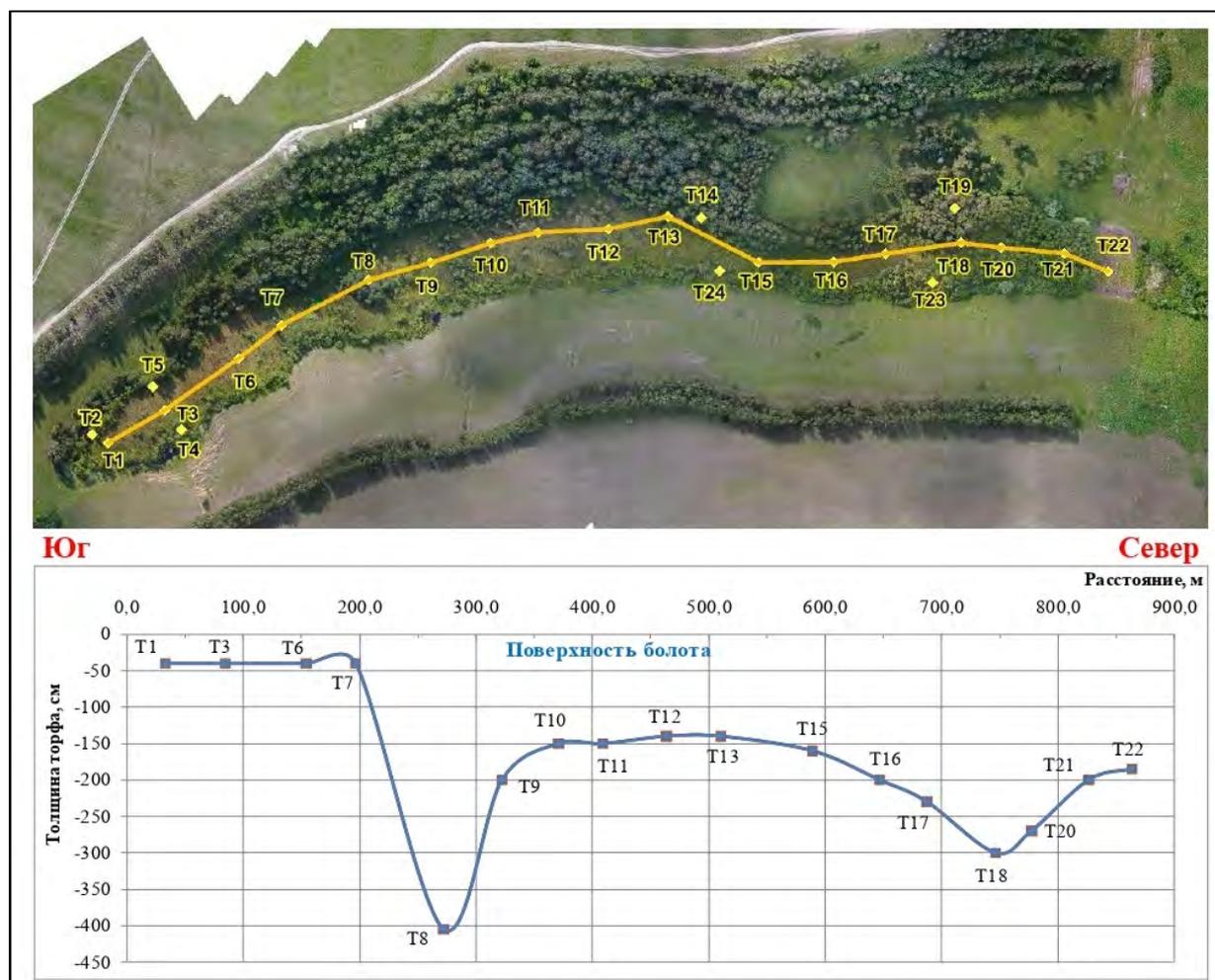


Рисунок – Ортофотоплан с расположением точек бурения и профиль глубины залегания торфяной залежи южной части болотного комплекса

Таблица – Характеристики водосборных территорий и объемы стока участков болотного комплекса

Участок балки	Общая площадь водосбора, км ²	Облесенные территории		Луговые сообщества		Площадь не облесенных участков болота и водосмов, км ²	Средний многолетний объем стока, тыс.м ³
		площадь, км ²	объем стока, тыс.м ³	площадь, км ²	объем стока, тыс.м ³		
Северный	1,126	0,496	41,3	0,606	230,1	0,024	271,4
Южный	0,971	0,099	8,2	0,816	309,8	0,056	318,03

фрактальной области электромагнитного спектра (SPAD), который пропорционален концентрации хлорофилла в образце [18]. У каждого листа измерены длина с черешком, площадь, сухой вес. Тесноту связи всех измеренных признаков листьев проверяли расчётом коэффициента корреляции Пирсона, с проверкой значимости.

Увеличение мощности торфяной залежи сопровождается удлинением генеративных побегов травянистых видов. По градиенту мощности постепенно увеличивается средняя площадь и длина листа *Menyanthes trifoliata*, *Chamaedaphne calyculata*, *Betula pubescens*. Больше всего значимых связей между значениями функциональных признаков в условиях пушицево-сфагнового (*Eriophorum vaginatum* L., *Sphagnum medium* Limpr., *Sph. angustifolium* (C.E.O. Jensen ex Russow) C.E.O. Jensen) фитоценоза на залежи мощностью 160 см, что свидетельствует о проявлении в этих условиях у видов стратегии настройки признаков, обеспечивающих плотную упаковку экологических ниш. В этих же условиях *Frangula alnus* показывает заметные

отрицательные связи значений SPAD со всеми размерно-весовыми показателями листьев, что видимо связано со снижением содержания хлорофилла при росте размерно-весовых показателей листьев.

Для болотного комплекса в целом характерны пять фоновых видов сфагновых мхов: *Sphagnum fallax* (H.Klinggr.) H.Klinggr., *Sph. medium* Limpr. (*Sph. magellanicum* Brid.), *Sph. flexuosum* Dozy & Molk., *Sph. angustifolium* (C.E.O. Jensen ex Russow) C.E.O. Jensen., *Sph. riparium* Ångstr. Доминирует *Sph. medium*, присутствующий на участках с разной мощностью торфяной залежи. Меньшее обилие у *Sph. angustifolium* и *Sph. fallax*; на участках с большой мощностью торфяной залежи (до 400 см) встречаются *Sph. flexuosum* и *Sph. riparium*. Таким образом, по градиенту увеличения мощности торфа увеличивается видовое разнообразие сфагновых мхов.

Образцы сфагновых мхов отбирались с помощью рамки 10x10 см, у каждого образца измерялась масса и количество побегов для определения плотности дерновины. Плотность побегов рассматривается как ключе-

вой функциональный признак водного баланса сфагнума [15, 17]. Побеги сфагнума вытягиваются на одну высоту, образуя своими макушками более или менее плотную дерновину с равномерной фотосинтетической поверхностью. Чем больше показатель гладкости поверхности, тем меньше будет испаряться влаги, что способствует выживаемости сфагнума и придает колонии ее влагоудерживающие свойства. Показателями наибольшей плотности отличаются поверхности, образованные в основном мелкими побегами. Кроме того, плотность побегов положительно коррелирует с массой образца. Наибольшая масса и плотность побегов наблюдалась у образцов *Sphagnum angustifolium* и *Sphagnum flexuosum*, побеги которых мельче остальных. Плотность побегов и масса образцов дерновин уменьшались с градиентом увеличения мощности торфяной залежи.

По геоботаническим описаниям, выполненным на пробных площадях, определены экологические условия с помощью фитоиндикационных шкал Элленберга [14], регионализированных для Республики Татарстан

[13]. Расчётом коэффициента корреляции Пирсона проверили тесноту связи экологических характеристик участков и массы образцов дерновин мхов. В наиболее экстремальных условиях (избыточное увлажнение, высокая кислотность, интенсивное освещение, бедность элементами питания) сфагновые мхи отличаются большей массой и плотностью, но низким видовым разнообразием. Такие условия характерны для участка болота с минимальной мощностью торфяной залежи 40 см.

Таким образом, увеличение мощности торфяной залежи изменяет доступность необходимых для роста и развития растений ресурсов и условия конкуренции за них. Согласно полученным результатам, участки с мощностью торфа 150–200 см предоставляют наиболее благоприятные условия для сосуществования сфагновых мхов с прочими видами болотного комплекса, обеспечивая у последних плотную упаковку ниш за счет варьирования функциональных признаков. Сохранение равновесия возможно обеспечить через регулирование водного баланса водосборной территории, поддерживая ее часть в беслесном состоянии.

Список литературы

1. Атлас Республики Татарстан. – Производственное картосоставительское объединение «Картография», Москва, 2005. – 211 с.
2. Бакин О.В., Шафигуллина Н.Р. Флора листостебельных мхов болот Татарстана. Ученые записки Казанского университета. Серия Естественные науки. Том 154, кн. 1. – 2012. – С. 155–164.
3. Боч М.С., Мазинг В. В. Экосистемы болот СССР. – Л.: Наука, 1979. – 188 с.
4. Василевич В.И. Функциональное разнообразие растительных сообществ. Ботанический журнал. Т. 101. № 7. – 2016. – С. 776–795.
5. Глазковская М. А. Общее почвоведение и география почв. – М.: Высшая школа, 1981. – 400 с.
6. Инструкция по фотограмметрическим работам при создании цифровых топографических карт и планов ГКИНП (ГНТА)-02-036-02. Федеральная служба геодезии и картографии России. Геодезические, картографические инструкции, нормы и правила. – Москва, ЦНИИГАиК, 2002. – 101 с.
7. Лабутина И.А., Балдина Е.А. Использование данных дистанционного зондирования для мониторинга экосистем ООПТ. Методическое пособие. – Москва, 2011. – 90 с.
8. Михайлов В.Н., Добровольский А.Д., Добролюбов С.А. Гидрология: Учебник для вузов. – 2-е изд. испр. – М: Высшая школа. – 2007. – 463 с.
9. Молчанов А.А. Влияние леса на окружающую среду. – Москва: Изд-во «Наука», 1973. – 359 с.
10. Онипченко В.Г., Дудова К.В., Гулов Д.М. и др. Функциональные признаки листьев растений важны для формирования состава альпийских растительных сообществ. Журнал общей биологии. – 2022. – Т. 83. – № 2. – С. 127–137.
11. Принципы выделения защитных лесных полос. Коллектив авторов. Отв. ред. чл.-кор. АН СССР А.А. Молчанов; АН СССР, Лаб. лесоведения. – Москва: Наука, 1977. – 147 с.
12. Филиппов Д.А., Прокин А.А., Пржиборо А.А. Методы и методики гидробиологического исследования болот: учебное пособие / под ред. проф. А. В. Толстикова. – Тюмень: Издательство Тюменского государственного университета, 2017. – 208 с.
13. Шагиев Б.Р. Вероятностная оценка пула видов растительных сообществ на основе региональных экологических шкал: автореф. дис. на соиск. учен. степ. к. б. н. : специальность 03.02.08 <Экология по отраслям> / Шагиев Булат Ринатович; [Казан. (Приволж.) федер. ун-т]. – Казань, 2012. – 21 с.
14. Ellenberg H. Zeigerwerte der Gefasspflanzen Mitteleuropas. – Gottingen: Goltze, 1974. – 97 s.
15. Elumeeva T.G., Soudzilovskaia N.A., During H.J., Cornelissen J.H.C. The importance of colony structure versus shoot morphology for the water balance of 22 subarctic bryophyte species. Journal of Vegetation Science. – No 22, 2011. – P. 152–164. doi: 10.1111/j.1654-1103.2010.01237.x.
16. Garnier, E. Navas M.-L., Grigulis K. Plant functional diversity. Organism traits, community structure and ecosystem properties. – Oxford, Oxford University Press, 2016. – 231p.
17. Laing C.G., Granath G., Belyea L.R. et al. Tradeoffs and scaling of functional traits in Sphagnum as drivers of carbon cycling in peatlands. – Oikos. – No 123, 2014. – P. 817–828. doi: 10.1111/oik.01061.
18. Ling Q., Jarvis P., Huang W. Use of SPAD-502 meter to measure leaf chlorophyll concentration in Arabidopsis thaliana. Official Journal of the International Society of Photosynthesis Research. – No. 107, 2010. – P. 209–214.

ЭВТРОФИКАЦИЯ ОЛИГОТРОФНЫХ БОЛОТ ПОД ВЛИЯНИЕМ ШЛАМОВЫХ АМБАРОВ (ХМАО-ЮГРА, ЗАПАДНАЯ СИБИРЬ)

Е.А. Шишконокова¹, Н.А. Аветов², Е.И. Ковалева², Т.Ю. Толпышева²

¹Почвенный институт имени В.В. Докучаева, Москва, Россия, shishkonakova_ea@esoil.ru

²Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия

В работе в пространственно-временном аспекте рассматривается формирование зон эвтрофикации различной интенсивности, прилегающих к кустовым основаниям с расположенными на них шламовыми амбарами, на олиготрофных болотах ХМАО-Югры.

Обустройство и эксплуатация объектов инфраструктуры нефтяных месторождений на олиготрофных болотных массивах, как правило, приводят к их трансформации и, в частности, к эвтрофикации [1]. Динамика и особенности этого процесса до сих пор остаются изученными недостаточно.

Скорость протекания процессов эвтрофикации растительности зависит от комплекса факторов, наиболее существенные из которых – технология обустройства кустовых оснований и амбаров, масштабы добычи, длительность эксплуатации, отсутствие аварийных ситуаций, а также возможность заноса диаспор растений, в том числе и эвтрофных. Важно отметить, что технологии, существовавшие в первые десятилетия освоения месторождений, предусматривали долговременное хранение буровых отходов в теле кустового основания, что создавало, в ряде случаев, условия для значительного расширения зон эвтрофикации, составляющих, по ряду оценок [2, 6] до 100-200 м по направлению линии стока.

В течение ряда лет на некоторых месторождениях, расположенных в подзонах северной и средней тайги ХМАО-Югры, нами исследовались участки олиготрофных болот (сосново-кустарничково-сфагновых и грядово-мочажинных комплексных), непосредственно прилегающие к кустовым основаниям с сооруженными на них шламовыми амбарами. Наблюдения включали пространственную и временную составляющие. Для выявления эколого-генетических рядов (по С.В. Викторову, Г.Л. Ремезовой [5]) на ключевых участках, расположенных по линии стока от 21 кустового основания с шламовыми амбарами (возраст технологических объектов на момент наблюдения – несколько десятков лет), закладывали площадки, характеризующиеся различной степенью нарушенности. Кроме того, на протяжении 10 лет велись наблюдения за динамикой процесса эвтрофикации на участках болот, окружающих пять кустовых оснований, обустроенных по технологии безамбарного бурения. Данный временной отрезок охватывал период до начала обустройства, а также этапы создания насыпи, бурения и введения в эксплуатацию.

В условиях длительно действующих крупных месторождений вычленение последствий отдельных видов нарушений затруднено в связи с общим изменением геохимического фона территории. Тем не менее, наши наблюдения позволили выделить особенности характерных зон, образующих специфический эколого-генетический ряд процесса эвтрофикации почвенно-растительного покрова. Наиболее полно эти зоны представлены по линии стока внутриболотных

вод от кустовых оснований. Важно отметить, что рН торфяной почвы, который измерялся нами в образцах почв под измененной растительностью, не всегда может рассматриваться как универсальный показатель эвтрофикации в силу возможного поступления как кислых, так и щелочных растворов. Полученные данные дополняют ранее разработанное зонирование территорий, примыкающих к шламовым амбарам [6], при этом они позволяют оценить развитие эвтрофикации в динамике, на средневременном этапе.

Для участков, располагающихся ниже по стоку от долговременно существующих амбаров, по градиенту эвтрофикации нами были выделены следующие зоны:

1. Зона выраженной эвтрофикации. Ее ширина обычно варьирует от 5 до 10 м. Характеризуется сменной направленности почвообразования (с олиготрофного на эвтрофный). В верхней части профиля почвы отмечается формирование горизонта торфяного очеса, имеющего мезотрофный или даже эвтрофный характер, рН_{KCl} деятельного слоя чаще всего составляет 5,0-6,0, в ряде случаев имеет место поступление загрязняющих соединений, которые в результате обменных реакций могут вызывать даже подкисление. На поверхности торфяной почвы в этой зоне нередко отмечаются наносы минерального материала, поступившего с площадок кустовых оснований. Сформировавшиеся сообщества в целом имеют мезо-эвтрофный характер на фоне скудного набора сохраняющихся видов олиготрофной флоры, сравнительно устойчивых к эвтрофикации (*Andromeda polifolia*, *Carex limosa*, *Eriophorum vaginatum*, *E. russeolum*, *Oxycoccus palustris*). Отличительными особенностями олиготрофных растений этой зоны могут выступать как увеличение в размерах и обильное плодоношение, так и выраженное их угнетение. В более обводненных местообитаниях доминантами становятся мезотрофные и эвтрофные виды: *Eriophorum angustifolium*, *Equisetum fluviatile*, *Carex acuta*, *C. aquatilis*, *C. lasiocarpa*, *C. rostrata*, *C. canescens*, *C. paupercula*. Последние два вида в условиях повышенного снабжения элементами минерального питания с течением времени могут образовывать переходные к кочкарным формы. Кроме того, для этой зоны характерно подселение локальных или трансзональных инвазивных видов, в том числе ситников (*Juncus alpinoarticulatus*, *J. filiformis*), *Alisma palnago-aquatica*, *Calamagrostis langsdorffii*, *Epilobium palustre*, *Eleocharis palustris*, *Phragmites australis*, *Rumex aquaticus*, *Sonchus arvensis*, *Thelypteris palustris*, *Typha latifolia* и др. Здесь же в отдельных случаях нами были обнаружены орхидные (главным образом виды рода *Dactylorhiza*). Моховой покров наиболее пониженных место-

обитаний зоны представлен отдельными пятнами, образованными *Warnstorfia fluitans*, *W. exannulata*, *Sphagnum riparium*, *Sph. squarrosum*, нередко с внедрением печеночных мхов. На относительно дренированных местообитаниях были отмечены виды рода *Bryum*, *Helodium blandowii*, *Leptobryum pyriforme*, *Pohlia nutans*, *Polytrichum commune*, *Straminergon stramineum*. На наиболее возвышенных элементах микрорельефа иногда сохраняются некоторые виды лишайников, например, *Cladonia gracilis*, *C. mitis*, *C. stellaris*. Древесный и кустарниковый ярусы, приуроченные к умеренно увлажненным местообитаниям, образуются преимущественно *Betula pubescens*, *Salix cinerea*, *S. pentandra*, реже *Populus tremula*, *S. dasyclados*, *S. lapponum*. В то же время сохраняющиеся сосны имеют более крупные по сравнению с формами болотной сосны размеры, что указывает на эвтрофикацию [4], часто их хвоя повреждена.

2. Зона умеренной эвтрофикации (охватывает полосу в среднем от 10 до 50-60 м). Выраженная смена условий почвообразования не происходит, сохраняется преимущественно олиготрофный характер, $pH_{КС1}$ обычно находится в пределах 4,5-5,2. Олиготрофные виды сосудистых растений в целом продолжают играть доминирующую роль, при этом нередко выявляются более крупные их экземпляры, чем в условиях нативных олиготрофных болот. На их фоне рассеяно внедряются мезотрофные виды, в том числе *Carex paupercula*, *C. rostrata*, *Eriophorum angustifolium*. Инвазивные растения единичны. В древесном ярусе преобладает сосна, включая и ее эвтрофицированные формы. Она формирует обильный подрост, хвоя деревьев всех возрастных групп не повреждена или изменения крайне невелики. К сосне примешиваются береза, реже ивы (*Salix cinerea*, *S. lapponum*). Мохово-лишайниковый ярус отличается от нативных участков снижением участия олиготрофных сфагновых мхов. Их место занимают виды более трофные или с более широкой экологией по трофности [3] – *Sphagnum fimbriatum*, *Sph. riparium*, *Pleurozium schreberi*, *Polytrichum strictum*, *P. juniperinum*, *Aulacomnium palustre*, *Dicranella cerviculata*, *Pohlia nutans*, печеночники (*Mylia anomala*, *Cephalozia* spp.). В ряде случаев на фоне угнетения олиготрофных сфагновых мхов на дренированных сегментах по сравнению с нативными сообществами значительно увеличивается покрытие лишайников рода *Cladonia*: *C. bacillaris*, *C. botrytes*, *C. cenotea*, *C. cornuta*, *C. crispata*, *C. cryprochlorophaea*, *C. gracilis*, *C. mitis*, *C. pleurota*, *C. sulfurina*, реже *C. amaurocraea*, *C. rangiferina*, *C. stellaris*, появляются также виды других родов: *Cetraria islandica* и *Icmadophila ericetorum*.

3. Зона слабой эвтрофикации (от 50-60 до 100 м и более). Процесс почвообразования носит олиготрофный характер, $pH_{КС1}$ почв на грядах составляет 4,4-4,5, в понижениях – до 4,8, при этом в верхнем горизонте $pH_{КС1}$ может соответствовать и фоновым значениям (3,8-4,4), в то время как в нижнем (на глубине 50-100 см) достигать 4,9. Сообществам зоны свойственно абсолютное преобладание видов олиготрофной флоры на фоне единичного внедрения мезотрофных элементов, происходящего в наиболее быстро перехватывающих сток понижениях. Индикаторами эвтрофикации здесь выступает поселение подроста *Betula pubescens*, прежде всего по границе гряд и мочажин, и активное

распространение в пониженных элементах болотного микрорельефа отдельных олиго-мезотрофных и мезотрофных видов (*Carex paupercula*, *C. rostrata*). Формы сосен остаются такими же, как и на нативных болотах, местами доля их подроста увеличивается. Моховой ярус представлен видами олиготрофной флоры.

Технологические подходы, применяемые при освоении месторождений в настоящее время, предусматривают более щадящие подходы, в частности безамбарное бурение, а также своевременную рекультивацию кустовых насыпей и прилегающих к ним территорий, поэтому воздействие этих объектов инфраструктуры значительно менее выражено, что проявляется в характере и размерах формирующихся зон эвтрофикации. Наблюдения за развитием процесса эвтрофикации на таких объектах с момента их создания и начала функционирования позволили выделить следующие пространственно-временные ряды сообществ.

При штатной эксплуатации кустовых оснований, обустроенных по современным стандартам, в первые 2 года после отсыпки кустового основания и начала добычи нефти изменения по их периферии отмечаются лишь в зоне 1-3 м у ряда олиготрофных трав (*Carex limosa*, *Eriophorum vaginatum*, *E. russeolum*), наиболее быстро реагирующих на увеличение трофности местообитания: они становятся более мощными, высокими, существенно возрастает их обилие. Так, высота *Carex limosa* достигает 40-52 см (на нативных участках – 28-35 см), *Eriophorum vaginatum* – 40-45 см (23-36 см), *E. russeolum* – 45-50 см (23-40 см) соответственно. На 3-4 год вокруг кустовых оснований формируются зоны шириной 3-5 м, характеризующиеся преобладанием переселенных выше видов с плотным высоким стеблестоем. Нередко активный рост пушиц сопровождается их пышным цветением. В начале заселяются пониженные, наиболее влажные местообитания (микрорельефа на грядах, мочажин), в которых появляются многочисленные экземпляры или небольшие куртины *Eriophorum angustifolium*, *Carex rostrata*, *C. paupercula*. К 5-6 годам становятся заметны полосы, состоящие из олиготрофных пушиц и осок, значительно превышающих показатели по высоте, характерные для особей в нативных биогеоценозах, и разросшихся *C. rostrata*, *E. angustifolium*, причем последний вид захватывает как понижения, так и более высокие элементы микрорельефа (гряды, кочки). В этот же период наблюдалось проникновение в формирующиеся полосы единичных особей заносных эвтрофных видов, например, *Typha latifolia*. К 7-8 годам область эвтрофикации обычно расширяется до 10 и более метров. Непосредственно вдоль границы насыпи становится особо заметным внедрение *Carex paupercula* и *C. canescens*, также возможно подселение *Comarum palustre*, *Carex chorrodorchiza*, *Calamagrostis langsdorffii*, увеличение высоты некоторых кустарничков, особенно *Betula nana*. На дренированных элементах болотного микрорельефа может появиться обильный мелкий подрост сосны, развивается подрост березы. Нередко к этому времени происходят заметные изменения в моховом покрове – мочажинные виды более трофных, сфагновых мхов, разрастаются, захватывая склоны гряд и низкие кочки. В следующий (9-10 летний период) в наиболее пониженных сегментах, примыкающих к насыпям и располагающихся по

линии стока, наблюдается выпадение олиготрофных видов и замещение их мезо-эвтрофными и эвтрофными. В дренированных местообитаниях происходит увеличение количества подроста березы, начинается формирование кустарникового яруса из ив. В ряде случаев на участках мочажин появляются небольшие оголенные пятна торфа, лишённые сосудистых растений и мхов. На высоких кочках и грядах увеличивается присутствие зеленых мхов, чаще всего *Polytrichum strictum* и *Pohlia nutans*. Зона с проявлениями эвтрофикации

обычно варьирует в пределах 10-30 м в зависимости от положения по линии стока и типа болота. Бóльшее распространение процесс эвтрофикации получает на грядово-мочажинных комплексных болотах, меньшее – на сосново-кустарничково-сфагновых. Границы эвтрофицированной зоны распознаются по увеличению морфометрических показателей олиготрофных трав и поселению на дренированных элементах болотного рельефа более трофных корневищных осоковых, ранее произраставших в мочажинах и межкочечных понижениях.

Список литературы

1. Аветов Н.А., Шишконова Е.А. Понятие трофности в связи с антропогенной эвтрофикацией верховых болот Ханты-Мансийского Приобья // Бюллетень Почвенного института им. В.В. Докучаева. 2013. № 71. С. 36-51.
2. Базанов В.А., Савичев О.Г., Волостнов Д.В., Егоров Б.А., Крутовский А.О., Язиков Е.Г. Влияние шламовых амбаров на геохимическое состояние болотных экосистем в бассейне реки Васюган // Известия Томского политехнического университета. 2004. Т. 307. № 2. С. 72-75.
3. Брадис Е.М. Растительный покров болот как показатель их типа по условиям питания. В сб.: Основные принципы изучения болотных биогеоценозов. Л.: Наука, Ленингр. отд., 1972. С. 29-38.
4. Васильев С.В. Воздействие нефтегазодобывающей промышленности на лесные и болотные экосистемы. Новосибирск, 1998. 136 с.
5. Викторов С.В., Ремезова Г.Л. Индикационная геоботаника. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1988. 168 с.
6. Козлов С.А., Аветов Н.А. Воздействие шламовых амбаров на видовой состав и структуру растительных сообществ верховых болот Среднего Приобья // Сибирский экологический журнал. 2014. Т. 21. № 3. С. 471-483.

РАСТИТЕЛЬНОСТЬ ОСТРОВОВ ОЗЕРА БОЛЬШОЕ КРАСНОЕ (РОССИЯ, АРХАНГЕЛЬСКАЯ ОБЛАСТЬ, О. БОЛЬШОЙ СОЛОВЕЦКИЙ)

А.К. Штанг

Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики УрО РАН имени академика Н.П. Лаврова, Архангельск, Россия, a_shtang@inbox.ru

На дне самого крупного озера Соловецких островов – Большого Красного озера находятся скопления пней и валежа деревьев. На некоторых таких скоплениях располагаются острова с болотной растительностью (дифференцирующейся на олиготрофную и мезотрофную) и сплошным сфагновым покровом. Точное происхождение этих островов, два из которых имеют внутренние озера, неизвестно. Вероятно, эдификаторная и средообразующая функция сфагновых мхов сыграла определенную роль в процессе образования описанных островов.

Большой Соловецкий остров – крупнейший остров Соловецкого архипелага. Заболоченность о. Большого Соловецкого составляет около 12%, примерно такая же площадь занята озерами, при этом озера и болота образуют комплексы, локализованные в южной части острова. Самое большое озеро Соловецкого архипелага и о. Большой Соловецкий, чья площадь составляет 2,743 км², называется Большое Красное [6]. Облесенная береговая линия озера сильно изрезана, а на отдельных участках озера видны скопления торчащих из-под воды пней и бревен. Скорее всего, обширная площадь озера со сложным рельефом дна обусловлена подъемом уровня воды после постройки дамбы в северо-западной части озера, а пни и бревна остались после рубки деревьев, осуществленной уже после затопления территории [1]. В оз. Большое Красное присутствует довольно много островов, два из которых имеют кольцевую форму, т. е. в центре островов находятся небольшие озера. Эти озера, из-за формы окружающих их островов, носят названия Калач и Бублик [6]. Интересной особенностью кольцевых островов является основание, на котором они располагаются. В воде заметны затоп-

ленные части деревьев, на которых располагается растущая на торфе растительность. В ходе экспедиции 2023 на о. Большой Соловецкий нами была исследована растительность двух кольцевых островов и одного острова, имеющего округлую форму, также располагающегося на затопленных частях деревьев. Особенное внимание было уделено флоре сфагновых мхов, формирующих сплошной покров на этих островах. На исследуемых островах был сделан ряд геоботанических описаний, отобраны образцы сфагновых мхов. Идентификацию видовой принадлежности сфагновых мхов осуществляли в лабораторных условиях с методом микроскопии в проходящем свете [4, 5]. Озера Калач и Бублик (имеющие площадь 5135 м² и 2100 м² соответственно) достаточно однородны по составу растительности. По внешним и внутренним краям островов, у уреза воды, растительность носит мезотрофный характер. Кустарничковый ярус образован *Menyanthes trifoliata* L., *Calla palustris* L., *Carex* spp. В сфагновом покрове преобладают два вида, широко распространенных как в арктической, так и в бореальной зоне: *Sphagnum teres* (Schimp.) Angstr. – вид, растущий на пе-

реходных болотах, и *Sph. riparium* Angstr., отмеченный по кромке воды, обычный вид заболоченных берегов озер. В центральной части островов, между мезотрофными полосами растительности, располагается олиготрофная зона с микроповышениями и микропонижениями рельефа. На микроповышениях в травяно-кустарничковом ярусе преобладают *Rubus chamaemorus* L. и *Empetrum nigrum* L., а моховый покров сложен часто встречающимися в арктической и бореальной зоне *Sphagnum fuscum* (Schimp.) H.Klinggr., *Sph. angustifolium* (С.Е.О. Jensen ex Russow) С.Е.О. Jensen. и *Sph. medium* Limpr. Во влажных микропонижениях, среди олиготрофных видов сфагновых мхов доминируют арктобореальные *Sphagnum lindbergii* Schimp. и *Sph. balticum* (Russow) С.Е.О. Jensen, а сосудистые растения представлены *Eriophorum vaginatum* L. На маленьком острове округлой формы площадью 252 м² растительность распределяется схожим образом, однако, помимо мезотрофной и олиготрофной зон, на этом острове имеется центральная, наименее обводненная зона, зарастающая подростом березы, ольхи и ели, где в составе кустарничкового яруса появляется *Vaccinium vitis-idaea* L. Ве-

роятно, обилие подроста конкретно на этом острове связано с близостью облесенного берега. В целом, профиль островов напоминает структуру верхового болота с возвышающейся центральной частью и мезотрофными окраинами, обычно являющимися частью экотонной зоны лес-болота, но в данном случае ограничивающими водное пространство от суши.

В настоящее время неизвестно, каким образом появились описанные выше острова. Вероятно, благодаря своей эдификаторной и средообразующей функции [2], значительную роль в этом процессе сыграли сфагновые мхи. Водные формы сфагновых мхов, встречающиеся в озерах о. Большой Соловецкий, после отмирания опускаются на дно [3], но пни и валеж деревьев в оз. Большое Красное могли послужить основой для формирования торфяной залежи, на которой впоследствии смогли вырасти другие мхи, кустарнички и травы. Вероятно, дополнительные исследования, включающие ботанический и химический анализ горизонтов торфяной залежи островов озера Большое Красное, могли бы дать дополнительную пространственно-временную информацию о процессе их формирования.

Исследование выполнено за счет средств гранта Российского научного фонда (проект № 22-14-20045).

Список литературы

1. Богуславский Г. А. Острова Соловецкие. Архангельск: Сев.-Зап. кн. изд-во. 1971. 159 с.
2. Войтехов М. Я. О роли эдификаторов как экосистемных инженеров, управляющих доступностью минерального питания при развитии разных моделей сукцессий в таежной зоне. Издание 2-е. М.: Белый ветер. 2020. 344 с.
3. Захваткин А. А. Соловецкие озера. Краткий гидробиологический очерк. Соловки: Типо-литография УСЛОН ОГПУ. 1927. 142 с.
4. Игнатов М. С., Игнатова Е. А. Флора мхов средней части европейской России. Том 1. Sphagnaceae-Hedwigiaceae. М.: КМК. 608 с.
5. Носкова М. Г. Полевой атлас-определитель сфагновых мхов таежной зоны Европейской России. Тула: Акварнус. 2016. 112 с.
6. Природная среда Соловецкого архипелага в условиях меняющегося климата / под. ред. Ю. Г. Шварцмана, И. Н. Болотова. Екатеринбург: УрО РАН. 2007. 184 с.

МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПОЛЕВОЙ ЭКСКУРСИИ

БОЛОТА БЕРЕЗИНСКОГО БИОСФЕРНОГО ЗАПОВЕДНИКА

Д.Г. Груммо, Н.А. Зеленкевич, Р.В. Цвирко,
Д.Ю. Жилинский, Е.В. Мойсейчик, О.В. Созинов

Институт экспериментальной ботаники НАН Беларуси, Минск, Беларусь, e-mail: zm.hrumo@gmail.com

Представлен краткий очерк растительности болот Березинского биосферного заповедника, приводятся карты растительности отдельных болот, геоботанические описания планируемых к посещению в течение экскурсии территорий.

В соответствии с классификацией болотных провинций Европы [2] территория Березинского биосферного заповедника (ББЗ) отнесена к Ладожско-Ильменско-Западно-Двинской провинции широколиственно-хвойных лесов и выпуклых грядово-мочажинных болот. На территории Беларуси болотная система заповедника входит в Островецко-Лепельский торфяной район области верховых торфяников холмисто-озёрного ландшафта. Заторфованность этого района составляет 15%, с преобладанием в торфяных залежах низинных видов торфа (72,9%). Отличительная особенность – доминирование торфяников водораздельного залегания, крупных верховых массивов, лежащих на значительной толще низинных торфов, часто с подстилающим их сапрелем [3].

Для Березинского биосферного заповедника характерно наличие всех известных для данной области болотных типов, категорий и растительных ассоциаций, имеющих различное сопряжение с суходольными участками и водотоками. Болота занимают площадь

32,58 тыс. га (38,2% площади ББЗ), здесь представлены все основные типы болот таежной зоны (рисунки 1, 2, таблица) – низинные (7032 га – 21,6%), переходные (12701 га – 39,0%) и верховые (12820 га – 39,4%).

Составлена карта растительности болот Березинского биосферного заповедника на основе оригинальной авторской методики крупномасштабного картографирования с использованием данных дистанционного зондирования и современных информационных технологий. Легенда геоботанической карты болот содержит 31 картируемую таксономическую единицу лесных растительных сообществ (включая растительные сообщества периферийного «лесного кольца», минеральных островов). Фитоценотическое разнообразие болотной растительности отражено 20 картируемыми таксонами. Неоднородная растительность представлена в виде комплексов сообществ (кочковато-мочажинных, грядово-мочажинных, кочковато-ковровых, кочковато-коврово-мочажинных). На основе анализа карты представлен краткий очерк растительности болот заповедника.

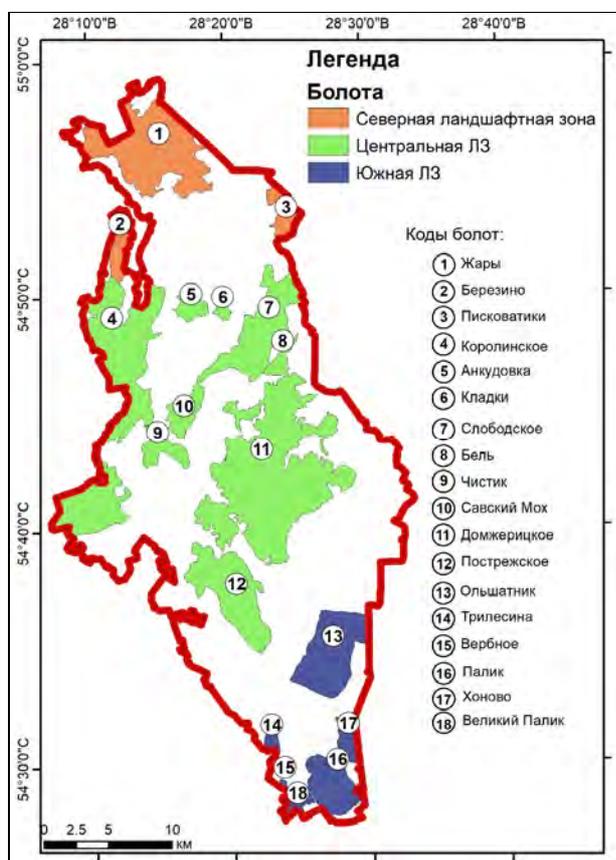


Рисунок 1 – Болота Березинского биосферного заповедника

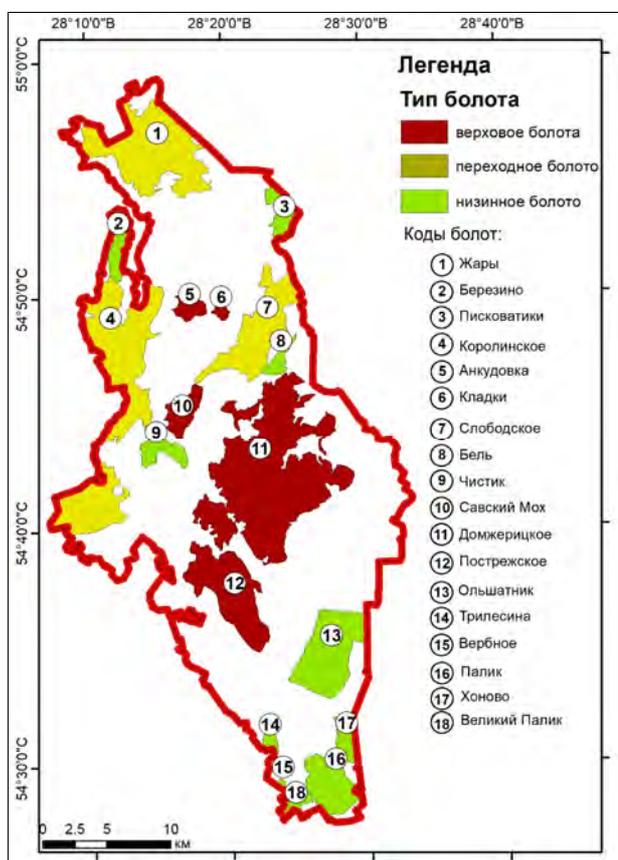


Рисунок 2 – Типы болот Березинского биосферного заповедника

Таблица – Характеристика болот Березинского биосферного заповедника

Наименование месторождения	Кадастровый номер	Преобладающий тип торфяной залежи	Площадь, га		Глубина залежи, м		Средняя степень разложения торфа, %
			общая	в пределах заповедника	средняя	максимальная	
Кладки	814	верховой	113	113	2,2	3,8	17
Трилесина	80	низинный	182	165	1,55	2,9	39
Великий Палик	103	низинный	267	267	1,79	н.с.	0
Бель	950	низинный	298	298	2,52	н.с.	24
Ольшаница	911	низинный	327	5	2,47	4,0	32
Анкудовка	813	верховой	410	410	2,4	5,2	18
Березино	810	низинный	550	537	1,23	2,4	36
Чистик (Бель)	992	низинный	596	596	1,54	н.с.	32
Хоново	84	низинный	597	477	2,76	4,8	44
Савский Мох	991	верховой	637	637	2,79	н.с.	17
Вербное	101	низинный	665	42	1,74	3,0	36
Писковатики	902*	низинный	1433	584	2,74	5,0	37
Палик	85	низинный	1485	1485	1,06	1,6	52
Слободское	815*	переходный	2565	2565	2,51	н.с.	35
Ольшатник	73	низинный	2571	2571	1,16	3,2	57
Пострежское	994	верховой	2660	2660	2,69	5,6	40
Жары	803	переходный	4575	4140	3,44	н.с.	41
Каролинское (в пойме р. Березина)	812	переходный	7936	5991	1,83	н.с.	29
Домжерицкое	993	верховой	8995	8995	2,39	6,9	23

В границах рассматриваемой особо охраняемой природной территории условно выделены 3 болотные зоны (см. рисунок 1). В каждой из них особенности рельефа накладывают свой отпечаток на процессы фор-

мирования тех или иных типов болот, а, следовательно, и на характер растительного покрова, который в полной мере отражает как прошлые, так и ныне существующие условия внешней среды [1].

Болота северной зоны

К северной зоне отнесена территория площадью около 17 тыс. га, представляющая район конечно-моренных четвертичных отложений. Здесь расположены три болотных массива: Жары, Березино и Писковатики, которые занимают 42% всей площади зоны.

Жары

Площадь составляет 4575 га (в т.ч. в границах ББЗ – 4140 га). Средняя мощность торфяного пласта на нём 3,44 м. В центре массива расположено небольшое озеро Московница, из которого вытекает одноимённая речка, впадающая в р. Березина. Болото имеет общий уклон на юго-запад в направлении поймы Березины [1].

Среди торфов, слагающих его торфяную залежь, преобладают древесно-осоковый, древесно-тростниковый, тростниковый и осоковый. Торфяная залежь характеризуется частой сменой видов торфа вследствие непостоянства водного режима массива. От поверхности она сложена слоем осокового низинного торфа. Ниже следует довольно мощный слой (1,0–2,5 м) древесно-осокового торфа, сменяющийся на глубине 2,0–2,5 м низинными торфами с участием тростника. В придонном слое в наиболее глубоких местах залегают осоково-гипновый и гипновый низинные виды торфа. На хорошо выраженном подъёме минерального дна в центре болота и на мелкозалежных окрайках торфяная залежь сложена древесными и древесно-травяными торфами. Последнее свидетельствует о формировании болота после схода ледниковых вод путём заболачивания мелководных проточных ложбин с развитием на их дне травянистой и гипново-моховой растительности [1].

В современном покрове массива преобладают сосновые и пушистоберёзовые фитоценозы (рисунок 3). Центральная (53,0% площади болота) глубокозалежная

часть покрыта сосняками гигрофитно-травяно-осоковыми с разреженным моховым покровом (соч. *Pinus sylvestris–Carex appropinquata–Sphagnum centrale*). Периферийные участки болота заняты березняками осоковыми (асс. *Thelypterido palustris–Betuletum pubescentis*) и сосняками кустарничково-сфагновыми (асс. *Vaccinio uliginosi–Pinetum sylvestris*). Вдоль русел рек Пробойница и Московница сохраняются участки травяно-осоковых болот, среди которых основной фон образуют гигрофитные крупноосоковые сообщества **MAGNO-CARICION ELATAE** (асс. *Peucedano palustris–Caricetum lasiocarpae* + асс. *Caricetum elatae* + асс. *Caricetum diandrae*).

Березино

Болотный массив Березино расположен на первой надпойменной террасе р. Березина и вытянут с севера на юг вдоль её поймы. Площадь его в пределах заповедника составляет 537 га, средняя глубина торфа – 1,23 м. Торфяная залежь относится к низинному типу, его лесотопяному подтипу. Общий уклон болота на юго-восток к р. Березина [1].

Писковатики

Болотный массив Писковатики расположен в пойме р. Сергуч. Площадь его в пределах заповедника 584 га. Средняя глубина торфа – 2,74 м. Торфяная залежь относится к низинному типу, топяному и лесотопяному подтипам. Болото имеет общий уклон к р. Сергуч. Наибольшее участие в формировании залежи осокового низинного торфа. В целом она по вертикали весьма неоднородна и характеризуется большой пестротой напластований слоёв торфа разных видов. Среди торфов преобладает древесно-тростниковый низинный вид торфа (53,8%). В целом торфяная залежь довольно прос-

того строения: сверху она сложена маломощным (20–25 см) слоем древесных низинных торфов, под ними залегает древесно-тростниковый низинный торф (до 2–2,5 м), что указывает на относительную стабильность водного и минерального питания болотного массива [1].

Растительность заповедного участка болота Писковатики также представляют сосняки низинных и переходных болот. Сосняки елово-осоковые характерны

Болота центральной зоны

Болотную систему центральной зоны образуют 7 массивов: Анкудовка, Кладки, Савский мох, Королинское, Слободское, Пострежское и Домжерицкое. В силу разнообразия форм рельефа, различного их геоморфологического строения болота этой зоны сильно варьируются как по размерам, так и по типам. Так, в проточных, обильно увлажнённых понижениях, приуроченных к поймам рек и озёр, образовались низинные болота, а в бессточных, окружённых со всех сторон минеральными грядами котловинах – верховые болота. Площадь отдельных болот колеблется от сотен до нескольких тысяч гектаров. Заторфованность этого участка ББЗ достигает 60% [1]. Верховые болота центральной зоны характеризуются небольшими размерами и приурочены к бессточным или слабопроточным котловинам на водоразделе рек Березина и Сергуч.

Анкудовка

Болотный массив Анкудовка занимает площадь 410 га, средняя глубина торфа – 2,54 м. Поверхность болота слабовыпуклая, превышение до 1 м, общий уклон на юго-запад к р. Березина [1]. Формирование болотного массива Анкудовка началось с распространения в наиболее глубоких впадинах тростниково-осоковых и осоково-гипновых эвтрофных сообществ. Развиваясь в условиях хорошей проточности, они отложили до 1 м низинного торфа непосредственно на озёрных глинах. Выше по профилю низинные торфа перекрываются прослойкой осоково-сфагнового переходного торфа. Верховая толща залежи полностью сложена слабо-разложившимися сфагновыми торфами.

В структуре растительного покрова (рисунок 4) по периферии болота преобладают сосновые кустарничково-сфагновые леса (асс. *Vaccinio uliginosi–Pinetum sylvestris*), в центральной части – доминируют пушицево-кустарничково-сфагновые сообщества (асс. *Andromedo polifoliae–Sphagnetum magellanicum*) нередко с разреженным (сомкнутость 0,1–0,3) ярусом сосны.

Кладки

Болото Кладки, расположенное в 0,5 км восточнее Анкудовки, занимает округлую впадину площадью 113 га. Средняя глубина – 2,2 м (максимальная – 2,5 м). Поверхность болота блюдцеобразная, плосковогнутая. Образование болота Кладки началось в середине атлантического периода с заболачивания суши, о чем свидетельствует слой древесного переходного торфа, залегающий непосредственно на минеральном ложе. Дальнейшее его развитие происходило путём отложения древесно-топяных переходных видов, а на контакте с верховым – сосново-пушицевого торфа. Остальная толща верховой залежи (1,5 м) сложена моховыми торфами. Следует отметить, что с самого начала развития торфяника проявлялись признаки его олиготрофизации, т.е. преобладания атмосферного питания над грунтовым [1].

для более высокого местоположения массива, примыкающего к минеральному берегу. Основную часть болота занимают сосняки осоково-сфагновые. Высота древостоя в них 8–12 м при возрасте 75–110 лет. У самого русла р. Сергуч в составе древостоя повышается примесь берёзы.

Массив Писковатики в своём развитии находится в мезотрофной стадии.

В структуре растительного покрова выражена поясное распределение сообществ: по периферии доминируют сообщества асс. *Vaccinio uliginosi–Pinetum sylvestris*, в центральной части асс. *Sphagno–Pinetum sylvestris*, реже асс. *Andromedo polifoliae–Sphagnetum magellanicum*. Небольшие участки на востоке заняты полосой топяного осокового лагга (см. рисунок 4).

Савский мох

Наибольшим по площади среди верховых болот центральной зоны заповедника является массив Савский мох – 637 га. Поверхность болота выпуклая, причем вершина сдвинута к более высокому восточному берегу. Средняя глубина торфа – 2,79 м.

Стратиграфия торфяной залежи болота Савский мох показала, что болотообразование началось с зарастания небольшого по площади озера, заполнявшегося травяно-сфагновыми торфами низинного и переходного типов. Переход от низинной части залежи к верховой сформирован осоковым переходным и сильноразложившимся пушицевым торфом с мощностью пласта до 1 м. Верхняя толща залежи (2–3 м) образована слабо-разложившимся магелланикум-торфом с небольшими прослойками других видов моховой группы, и лишь в центре болота верхний метровый слой образует фу-скум-торф. Наряду с глубокозалежным участком верховых торфов в северо-западной части болота имеется переходная лесотопяная залежь [1].

Большая часть болота занята грядово-мочажинным комплексом (ГМК): кочки – асс. *Sphagno–Pinetum sylvestris* реже асс. *Andromedo polifoliae–Sphagnetum magellanicum*; мочажины – пушицево-подбелово-сфагновые ковры (субасс. *Caricetum limosae sphagnetosum baltici* (fac. *Eriophorum vaginatum*) + асс. *Empetro nigri–Sphagnetum rubelli*).

В подвершинной части западного склона болота выражен грядово-мочажинный комплекс с доминированием на грядах асс. *Ledo palustris–Sphagnetum fuscum*; в мочажинах – субасс. *Caricetum limosae sphagnetosum cuspidati* (fac. *Carex limosa*, fac. *Scheuchzeria palustris*), а также *Rhynchosporium albae sphagnetosum cuspidati* (мочажины). Для растительности этого комплекса характерны признаки регрессии с выраженными юнгерманиевыми мочажинами. Сфагновый покров в них отсутствует, а вместо него развита сморщенная пленка печеночных мхов. Восточная наиболее дренируемая часть болота занята широкой полосой сосняков пушицево-сфагновых (асс. *Sphagno–Pinetum sylvestris*), которая на стыке с суходолом сменяется полосой топяного осокового лагга с единичными деревьями *Pinus sylvestris* и *Betula pubescens*. Небольшие участки переходной залежи на северо-западе болота заняты берёзово-осоково-сфагновыми сосняками (см. рисунок 4).

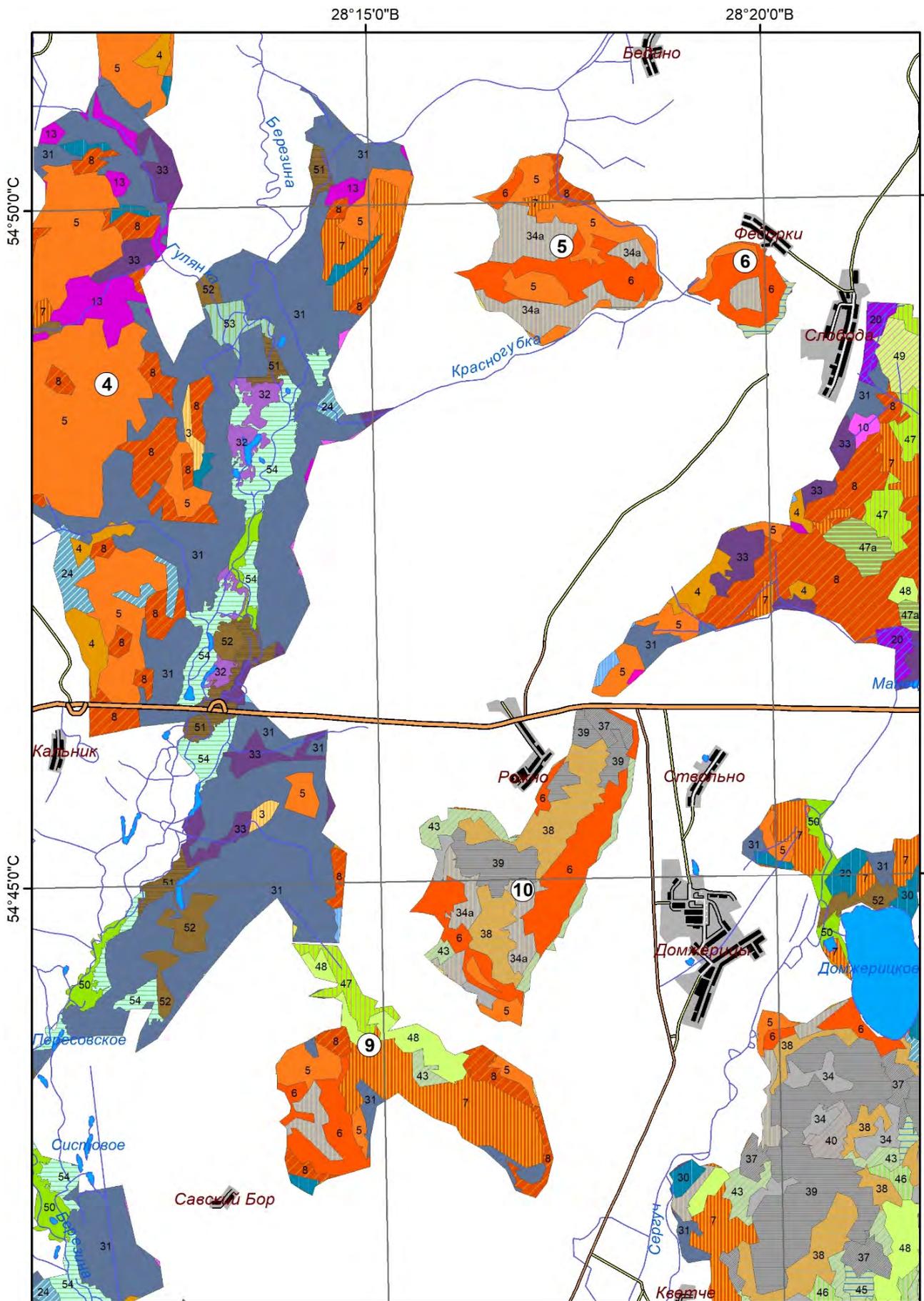


Рисунок 4 – Карта растительности болот Анкудовка (№ 5), Кладки (№ 6), Чистик (Бель) (№ 9), Савский Мох (№ 10) (условные обозначения картируемых единиц см. на рисунке 3)

Чистик (Бель)

Низинное болото, расположенное южнее болота Савский мох, со средней глубиной торфяной залежи 1,5 м. Характеризуется довольно специфической структурой растительного покрова (см. рисунок 4). В северной части по периферии выделяется широкая осоково-вахтово-гипново-сфагновая полоса, приуроченная к местообитаниям богатого минерального питания. Эти участки формируют сложную мозаику с осоково-гипновыми сообществами *MAGNO-CARICION ELATAE* (асс. *Peucedano palustris–Caricetum lasiocarpae* + асс. *Equiseto fluviatilis–Caricetum rostratae* + асс. *Caricetum elatae* + асс. *Caricetum diandrae*). Периферийная часть сменяется мезотрофными сосняками. Южная окраина болота представлена комплексом лесных сообществ на верховых болотах: основной фон образуют сообщества асс. *Sphagno-Pinetum sylvestris* с вклиниванием асс. *Vaccinio uliginosi–Pinetum sylvestris*, а в центральной части ядро образуют пушицево-сфагновые редколесья (асс. *Andromedo polifoliae–Sphagnetum magellanicum*).

Домжерицкое

Наиболее крупным среди болотных массивов центральной зоны и в целом заповедника является болото Домжерицкое (площадь 8995 га). Средняя глубина торфа на нём – 2,39 м (максимальная – 6,9 м). Болото занимает обширную пологоволнистую равнину на водоразделе рек Березина и Эсса. По западной окраине болота с севера на юг протекает р. Сергуч. В северной части массива расположено озеро Домжерицкое, соединённое с рекой узкой протокой. Несколько небольших речек берут начало в южной части массива. Поверхность болота выпуклая, с общим уклоном на юг к р. Березина.

Образование Домжерицкого болота началось с заполнения отдельных небольших озёр в пределах более крупной котловины, с дальнейшим заболачиванием её пологих склонов, что привело к формированию обширного, пространственно неоднородного торфяного массива, переживающего в настоящее время олиготрофно-мезотрофную фазу развития [1].

В стратиграфическом отношении торфяное месторождение Домжерицкое неоднородно. Здесь выделено 4 участка – верховой, смешанный, низинный и переходный. Наибольшее распространение имеет залежь низинного и переходного типов (54%). На верховую и смешанную залежь приходится 46%.

По периферии болота, на участках богатого минерального питания, отложились низинные древесно-осоковый, древесный и древесно-гипновый виды торфа. В центральной части болота формировалось за счет аккумуляции переходных древесно-гипнового и осоково-сфагнового видов торфа мощностью до 0,5 м в нижней части торфяной залежи. Затем он сменился комплексным верховым торфом мощностью до 0,5 м, поверх которого отложился верховой сосновый и сосново-сфагновый торф мощностью до 2 м, который в свою очередь перекрывается слоем магелланикум-торфа до 1 м, переходящим в комплексный верховой торф до 2 м.

Наибольшее распространение имеет верховой магелланикум торф (27,9%). Меньшую долю участия имеют низинная осоковая, переходная топяная и ни-

зинная лесотопяная залежь, составляющие от 14,2 до 18,7%. И незначительно (2,3–6,8%) на массиве представлены остальные виды залежи.

В современном растительном покрове Домжерицкого болота представлены сообщества всех типов питания (рисунок 5). В северной его части представлен хорошо развитый олиготрофный ГМК с чёткой дифференциацией растительности: гряды сосново-пушицево-сфагновые – асс. *Sphagno–Pinetum sylvestris* (либо асс. *Andromedo polifoliae–Sphagnetum magellanicum* в фазе зарастания *Pinus sylvestris*); мочажины пушицево-очеретниково-сфагновые – преобладает субасс. *Rhynchosporium albae sphagnetosum cuspidati*). Основная площадь верховых участков покрыта пушицево-кустарничково-сфагновыми сообществами (асс. *Andromedo polifoliae–Sphagnetum magellanicum*) нередко с разреженным (сомкнутость 0,1–0,3) ярусом *Pinus sylvestris*.

На участке западного склона болота выражен регрессивный ГМК с доминированием на грядах асс. *Ledo palustris–Sphagnetum fuscum*; в мочажинах – субасс. *Caricetum limosae sphagnetosum cuspidati* (фас. *Carex limosa*, фас. *Scheuchzeria palustris*), а также *Rhynchosporium albae sphagnetosum cuspidati* (мочажины). Мезотрофные и эвтрофные березняки обычно приурочены к хорошо выраженным подъёмам минерального дна болота, а также занимают длинную полосу вдоль поймы р. Бузянка по западной периферии массива. Обширная центральная часть болота занята осоково-сфагновыми и тростниково-осоково-сфагновыми мезотрофными ассоциациями, по периферии которых формируются редкие тростниково- и пушицево-осоково-сфагновые березняки. В покрове южной части болота преобладают мезо- и мезоэвтрофные лесные и безлесные растительные сообщества. Травяно-осоковая растительность приурочены к поймам небольших речушек, а также покрывают широкую полосу южной окраины болота. Остальная территория южной части массива занята рядом сменяющихся друг друга мезотрофных осоково-сфагновых сосняков с различным составом и полнотой древостоя [1].

Низинные болота центральной зоны расположены на склонах надпойменных террас и в поймах рек Березина и Сергуч.

Королинское

Болотный массив Королинское приурочен к правой надпойменной террасе и пойме реки Березина и простирается длинной полосой вдоль реки, изменяя свою ширину от нескольких сот метров до 3–4 км. Его площадь – 7436 га, средняя глубина торфа – 1,8 м [1].

Слободское

Слободское болото расположено в пологой проточной котловине бассейна р. Сергуч и примыкает к берегам озёр Ольшица, Плавно и Манец. Его площадь 2565 га при средней глубине залегания торфа в 2,5 м [1].

Пострежское

Расположенное значительно южнее Пострежское болото занимает левую надпойменную террасу р. Березина. Его площадь 2660 га, средняя мощность торфяной залежи 2,7 м. Рельеф поверхности болота слегка выпуклый, с общим уклоном к р. Березине. В центре болота расположено бессточное одноименное озеро площадью 6 га [1].

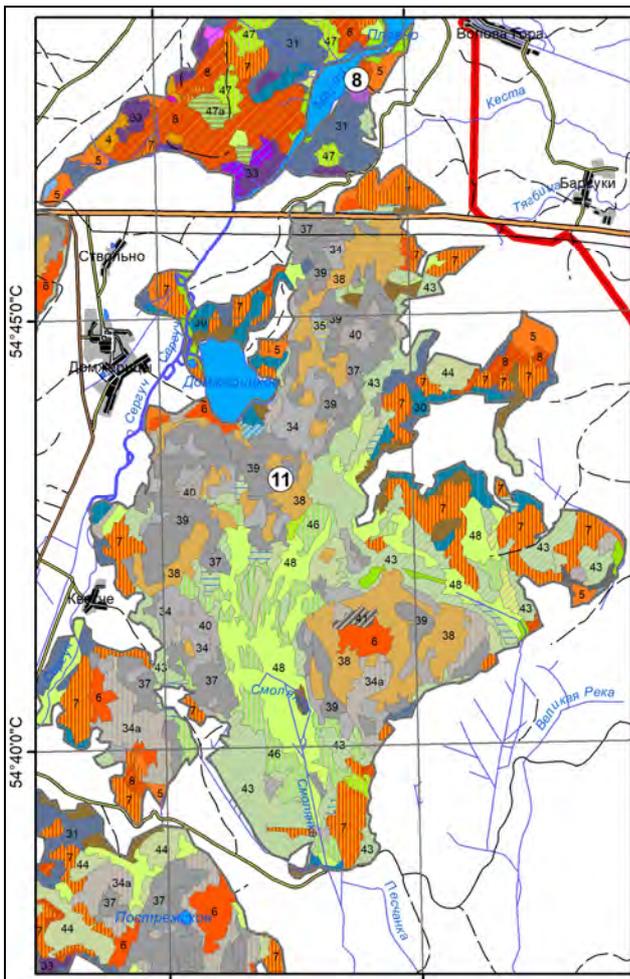


Рисунок 5 – Карта растительности болота Домжеричское (условные обозначения см. на рисунке 3)

Торфяные залежи низинных болот сложены в основном безлесными видами торфа с четко выраженной схемой их чередования. Наиболее глубокие места заполнены озёрными отложениями, перекрытыми обычно толщиной гипсового или осоково-гипсового торфа. На болоте Королинское эти толщи залегают непосредственно на минеральном ложе. Выше моховые виды сменяются низинными травяными с преобладанием в составе осок и тростника. В дальнейшем развитии низинных болот довольно резкие колебания гидрологического режима привели к отложению на глубине 2,0–2,5 м прослойки древесно-осокового торфа, сменившегося затем мощным слоем осокового (1,0–1,5 м). Верхним слоям залежи свойственна большая неоднородность. На болотах Королинское и Слободское они образованы лесотопяными и топяными низинными видами, а на Пострежском – торфяными видами переходного и верхового типов. Наиболее удалённые от пойм водоёмов западные участки болот Королинское и Слободское и северная окраина Пострежского характеризуются лесотопяной залежью, сложенной торфами древесно-травяной группы.

Современный растительный покров низинных болот представлен лесными сообществами, исключая пойменные участки, покрытые болотно-луговой растительностью. Широкие центральные части массивов за-

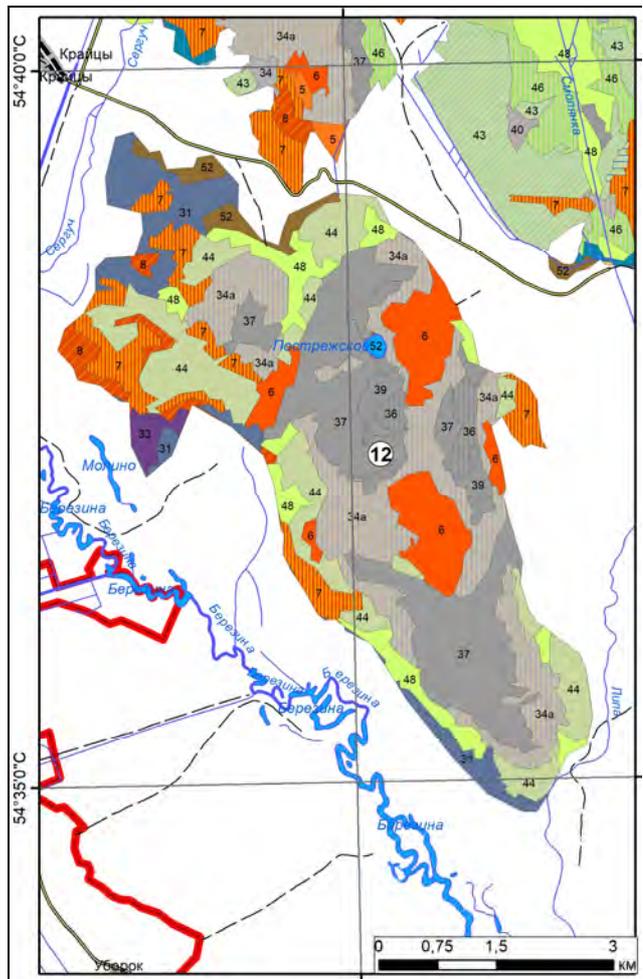


Рисунок 6 – Карта растительности болота Пострежское (условные обозначения см. на рисунке 3)

няты мезотрофными сосняками гидрофитно-травяно-осоковыми (асс. *Pinus sylvestris*–*Carex appropinquata*–*Sphagnum centrale*). Растительность периферийных участков болота Королинское представлена у западного берега эвтрофными сосняками травяно-осоковыми, в пойменной части – березняком осоковым, граничащим с болотно-луговыми сообществами.

Отличительная особенность современного покрова болота Пострежское – значительная площадь верховых пушицево-кустарничково-сфагновых редколесий и кочково-мелкомочажинных комплексов растительности, занимающих обширную территорию к юго-западу от оз. Пострежское (рисунок 6). Для периферии этого болота характерны осоковые и осоково-сфагновые сосняки и березняки, чередующиеся с таволговыми и осоковыми черноольшаниками.

Растительность болота Слободское представляет собой сложный комплекс растительных сообществ (рисунок 7) с большим количеством видов растений, включенные в национальную Красную книгу (при обследовании болота выявлено 127 мест произрастаний 18 охраняемых видов растений). Мезотрофные сосняки на западной окраине Слободского болота сменяются березняком осоковым, а у минерального берега – болотными ельниками, в пойменной части – мохово-травяными сообществами.

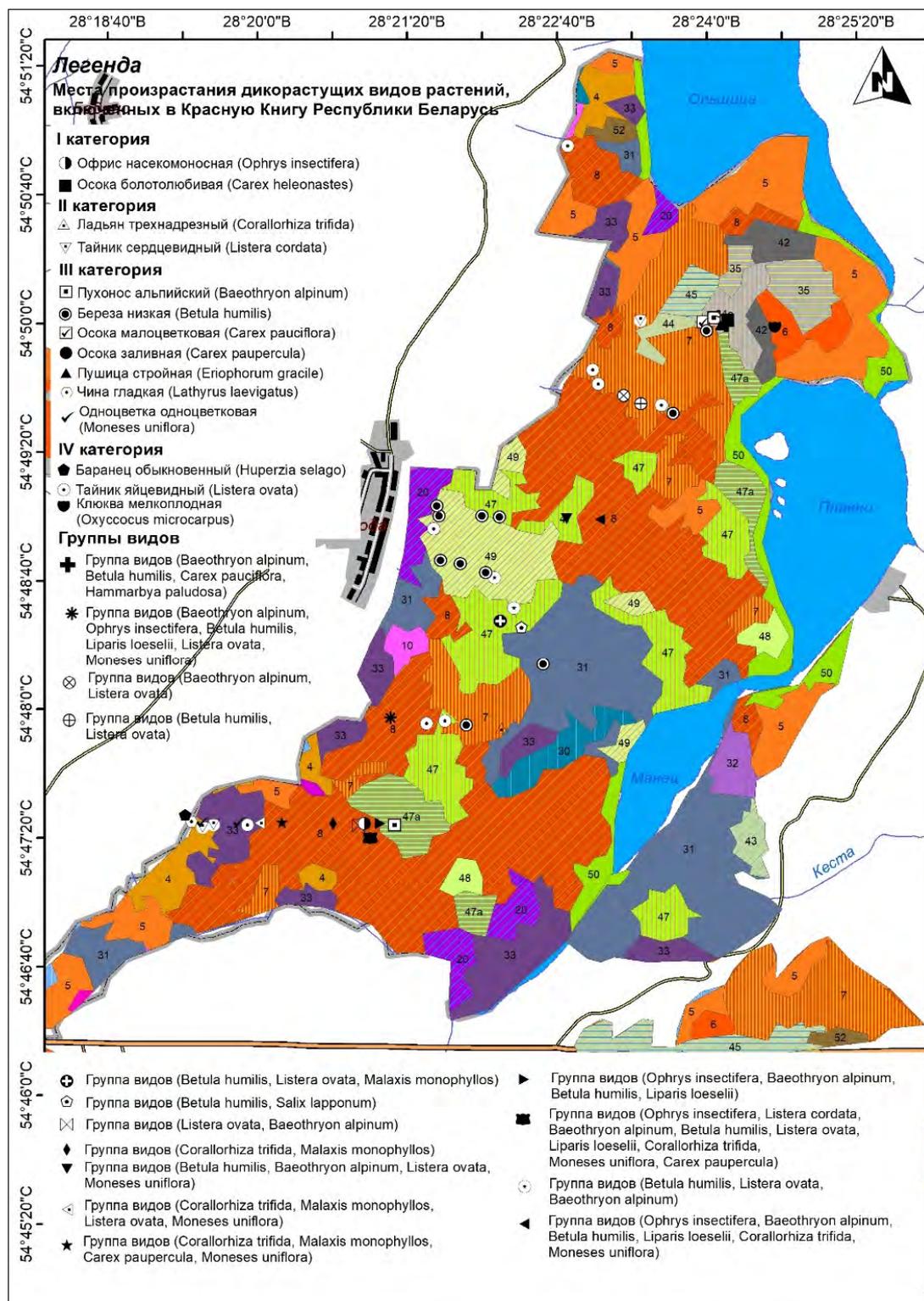


Рисунок 7 – Карта растительности болота Слободское (условные обозначения см. на рисунке 3)

Болота южной зоны

Южная зона отличается от остальной территории заповедника пониженно-равнинным рельефом, сформированным под влиянием эрозионно-делювиальных процессов. Болота занимают до 40% её территории. Здесь расположены три болотных массива: Ольшатник, Палик и Хоново [1].

Ольшатник

Наиболее крупным среди болот южной зоны является Ольшатник (2571 га). Оно занимает обширную

плоскую равнину на левобережье р. Березина севернее оз. Палик с незначительным общим уклоном на юго-запад к р. Березина. Средняя глубина торфа 1,16 м. В границах болота встречаются несколько минеральных островов, покрытых девственными еловыми лесами, по его территории протекают реки Великая и Жортайка [1].

Торфяная залежь образована низинными видами торфа, среди которых преобладает древесно-тростниковый. Он залегает мощным пластом непосредственно

на минеральном ложе болота. Сверху его покрывает слой древесных низинных видов торфа. В районе р. Великой между этими торфами вклиниваются узкие линзы топяных видов торфа – осокового и вахтового. Окраины болота по всей глубине (0,50–0,75 м) сложены древесными видами торфа, западная – ольховым, восточная – ольховым и берёзовым.

Современный растительный покров болота Ольшатник сравнительно однообразен и представлен черноольховыми ассоциациями. Обширная центральная

часть массива покрыта высокообводнёнными ольшаниками болотнопапоротниковыми. Ближе к пойме р. Березина они сменяются более проточными ольсами таволговыми. Окраинные участки болота заняты осоковой серией типов леса с доминированием как ольхи чёрной, так и берёзы пушистой. Пушистоберёзовые осоково-травяные леса также встречаются в верховьях р. Великая и вдоль русла р. Жортайка. Более обводнённые березняки осоковые во многих местах полосой окаймляют минеральные острова (рисунк 8).

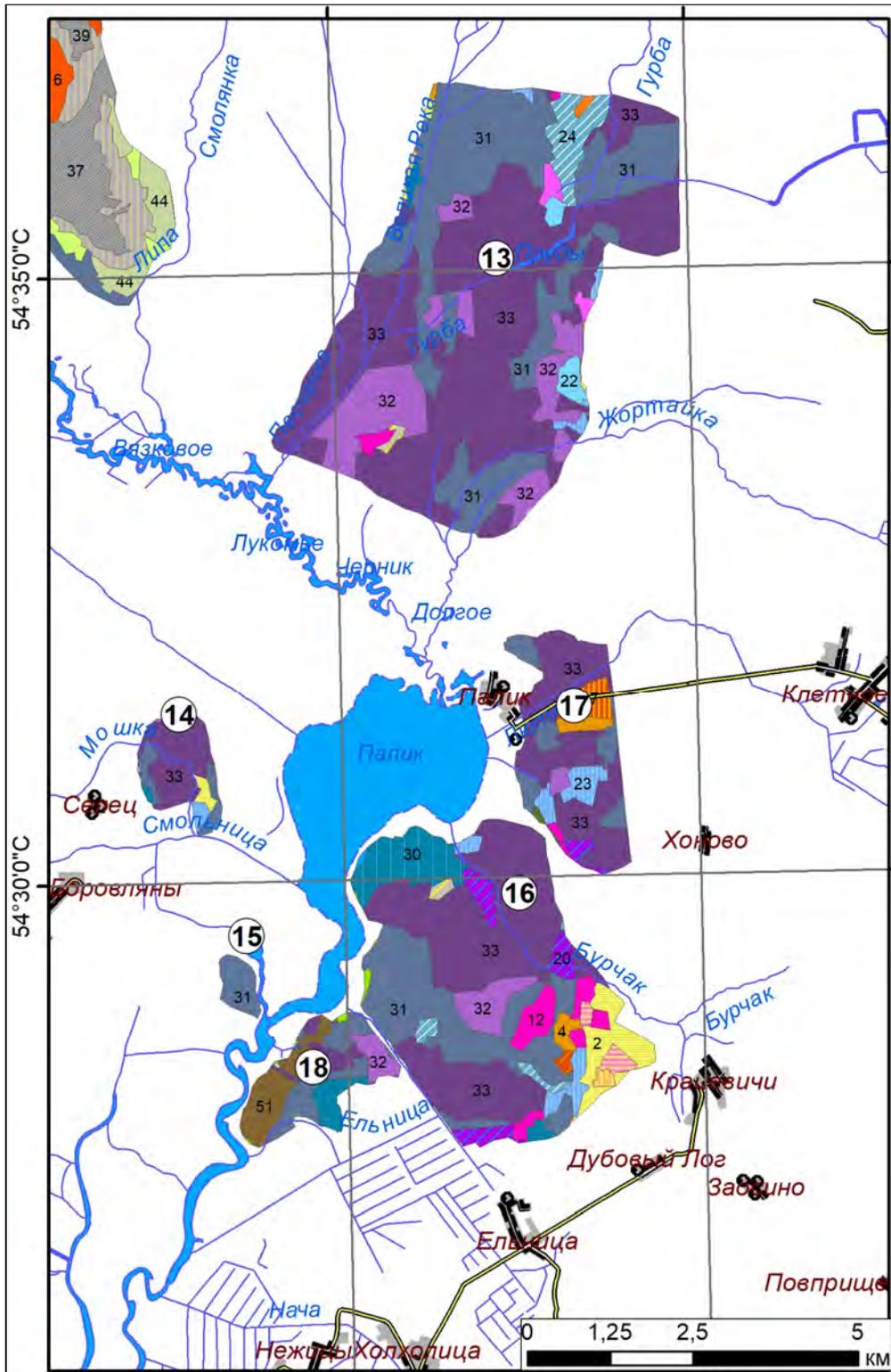


Рисунок 8 – Карта растительности болот южной зоны Березинского биосферного заповедника (условные обозначения картируемых единиц см. на рисунке 3)

Палик

Болотный массив Палик внешне похож на рассмотренный выше. Он занимает территорию площадью 1485 га к юго-востоку от одноименного озера. Средняя глубина торфа 1,06 м. Рельеф поверхности торфяного массива ровный с общим уклоном на северо-запад к оз. Палик. По массиву протекает ручей Бурчак с не всегда выраженным руслом [1].

Торфяная залежь болота маломощная, низинная, лесная, максимальная глубина торфа – 1,6 м. В её строении преобладает ольховый, образующий торфяную залежь почти на всей площади болота. Лишь на участках, примыкающих к озеру, он покрыт сверху тонким (0,25–0,50 м) слоем древесно-тростникового торфа.

Как и на болоте Ольшатник, растительный покров здесь весьма разнообразен. В центральной части массива преобладают высокообводнённые ольсы осоковые и болотно-папоротниковые. В приозёрной части они сменяются пушистоберёзовыми лесами. В местах контакта с ольсами формируются смешанные осоково-травяные, а ближе к озеру – осоковые березняки. К мелкозалежным участкам болота приурочены ольсы таволговые, крапивные, реже здесь же встречаются ельники и березняки приручейно-травяные (см. рисунок 8).

Болота Ольшатник и Палик с начала своего возникновения и до настоящего времени находятся под воздействием жёстких проточных грунтовых вод. Это определило сравнительно простое строение торфяных залежей болот и их современную стадию развития как лесных эвтрофных.

Хоново

Болото Хоново расположено на восточном берегу оз. Палик и занимает площадь 597 га (в т.ч. в границах ББЗ – 477 га). Средняя глубина торфа – 2,76 м. Поверх-

ность болота имеет общий уклон в сторону озера. По северной части массива протекает р. Лютка.

Торфяная залежь болота низинная, сложенная преимущественно лесными и лесотопяными сильно разложившимися торфами. Формирование болота началось с заполнения глубокой озёрной котловины сапропелем, мощность которого достигла 0,6–2,4 м. Постепенное обмеление водоёма сопровождалось увеличением в составе донных отложений растительных остатков, что привело к смене сапропеля мощным слоем тростникового торфа. Впоследствии он сменился древесно-тростниковым, а ближе к поверхности осоковым и древесно-осоковым видами торфа [1].

Периферийные мелкозалежные участки болота на всю глубину сложены древесными видами торфа – ольховым, берёзовым, сосновым.

В современном растительном покрове болота преобладают эвтрофные лесные сообщества, чётко индицирующие мощность торфяника. Для северного глубоководного участка характерны эвтрофные и мезоэвтрофные сосняки осоковые и осоково-сфагновые IV–V^a бонитетов. По направлению к западному берегу они сменяются ольсами, а ближе к озеру – ивняками. Вся мелкозалежная южная часть болота покрыта черноольшаниками. Переход сосновых насаждений в черноольховые представлен полосой смешанного осоково-травяного березняка. Окраины болота заняты ельниками долгомошным и приручейно-травяным (рисунок 8).

Занимая значительную площадь Березинского биосферного заповедника, болотные массивы во многом определяют его общий облик, ландшафтные особенности, характер флоры и фауны. В этой связи данная территория сохраняет свою труднодоступность и, тем самым, является эталонным объектом для изучения вопросов формирования и динамики торфяных болот региона.

Список литературы

1. Березинский биосферный заповедник / под ред. Д.Д. Ставровского, А.А. Ковалева. – Мн., 1996. – С. 78–88.
2. Кац, Н.Я. Болота земного шара / Н.Я. Кац. – М.: Наука, 1971. – 295 с.
3. Пидопличко, А.П. Торфяные месторождения Белоруссии / А.П. Пидопличко. – Минск, 1961. – 192 с.

АЛФАВИТНЫЙ ПОСТРАНИЧНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ АВТОРОВ

Н.А. Аветов	180	О.М. Македонская	116
С.А. Автушко	61	М.В. Максименков	172
Р.А. Андреев	6	В.В. Мансуров	128
Л.Р. Ахметшина	116	В. Б. Мартыненко	12
Э.З. Баишева	12	Т.И. Марченко-Вагапова	128
В.Р. Батришина	8	М.А. Медведева	107
И.В. Бахмат	21	Е.В. Мойсейчик	41, 44, 151, 184
И.Г. Бикбаев	12	О.В. Морозова	108
И.А. Богданович	172	М.Д. Московченко	110
Т.А. Борисова	137	А.А. Мулдашев	12
Е.А. Быковская	116	А.К. Мухин	116
М.Я. Войтехов	16	В.Ю. Нешатаев	120
Е.М. Волкова	21	В.Ю. Нешатаева	120
И.И. Волкова	25	А.Н. Никитин	125
О.В. Галанина	30, 36	Л.Г. Никонова	135
Г.Н. Ганасевич	95	Е.Ю. Новенко	100
Л.П. Гашкова	39	А.В. Ольчев	21
И.Ю. Гигиняк	172	А.В. Пастухов	65, 128
Е.А. Головацкая	135	В.Н. Петров	130
Р.М. Голушко	156	Н.М. Писарчук	50
Д.Г. Груммо	41, 44, 168, 184	А.Р. Понтус	132
А.А. Дмитриченко	91	Е.В. Порохина	135
Г.Я. Дорошина	96	А.М. Потапенко	156
Е.А. Дюкарев	91	П.А. Прокофьева	135
<u>Я.К. Еловичева</u>	50	А.В. Пучило	132
Г.В. Ермоленкова	142	Т.В. Рогова	137
М.В. Ермохин	75	М.Л. Романова	132, 142
Д.Ю. Жилинский	41, 44, 184	С.Г. Русецкий	41
Н.А. Завьялов	57	Д.О. Садоков	116
Е.А. Заров	8, 91	В.А. Серенкова	156
Д.В. Зацаринная	21	Ю.К. Симончик	125
Н.А. Зеленкевич	41, 44, 151, 184	А.А. Синюткина	165
С.Р. Знаменский	63	В.А. Сипач	143
В.С. Ивкович	61	К.И. Скворцов	120
Е.Н. Ивкович	61	В.А. Смагин	57, 147
Т.Г. Ивченко	63, 96	О.С. Смирнова	151
В.Ю. Иткин	107	О.В. Созинов	44, 143, 184
Д.А. Каверин	65, 128	В.А. Степанова	82, 154
Н.Г. Кадетов	68	А.В. Судник	156
Д.С. Кессель	96	И.П. Сысой	162
Е.И. Ковалева	180	Е.А. Танкевич	125
А.В. Козулин	71	С.С. Терещенко	172
А.Р. Колоскова	21	Н.В. Толкачева	156
И.И. Концевая	125	Т.Ю. Толпышева	180
А.Ю. Комар	75	А.Е. Тюпаева	30
С.А. Комар	75	И.В. Филиппов	95
Н.Г. Коронатова	82, 154	Ю.А. Харанжевская	165
Н.П. Косых	85	В.П. Хомяков	176
М.В. Кудин	172	Р.В. Цвирко	41, 44, 168, 184
О.Л. Кузнецов	87	А.И. Чайковский	172
А.А. Кулик	8, 91	П.А. Черненко	36
Д.А. Куприянов	6	Г.А. Шайхутдинова	176
Е.Д. Лапшина	8, 95	А.Е. Шатунов	6
О.А. Леонова	21	Н.Р. Шафигуллина	176
Н.С. Ликсакова	96	Д.С. Шильников	96
К.А. Лисовская	176	П.С. Широких	12
С.В. Лойко	128	Е.А. Шишконокова	180
Е.А. Макарова	100	А.К. Штанг	182
М.С. Малько	103	К.В. Шукина	96
Н.Г. Мазей	6, 100	С.В. Якубенко	65, 128



Научное издание

**Растительность болот:
современные проблемы классификации,
картографирования, использования и охраны**

Материалы V Международного научного семинара
(16–20 сентября 2024 г., Минск – Домжерицы)

Ответственный за выпуск *Н.А. Зеленкевич*
Художественный редактор *Н.А. Зеленкевич*

Подписано в печать 27.08.2024. Формат 60x84¹/₈ Бумага офсетная
Печать цифровая Усл.печ.л. 22,78 Уч.изд.л. 23,13
Тираж 100 экз. Заказ № 337.

Выпущено по заказу Государственного научного учреждения
«Институт экспериментальной ботаники имени В.Ф. Купревича
Национальной академии наук Беларуси»

Издатель и полиграфическое исполнение:
Республиканское унитарное предприятие
«Информационно-вычислительный центр
Министерства финансов Республики Беларусь»
Свидетельство о государственной регистрации издателя,
изготовителя, распространителя печатных изданий
№ 2/41 от 29.01.2014
220004, г. Минск, ул. Кальварийская, 17