



Торфяные болота Сибири: функционирование, ресурсы, восстановление

Материалы Четвертой международной
научной конференции

Россия, Томск, 1-8 октября 2021 года



Томск - 2021

Сибирский научно-исследовательский институт сельского
хозяйства и торфа-филиал Сибирского федерального научного
центра агробиотехнологий РАН
Институт мониторинга климатических и экологических систем
СО РАН
Nature and Biodiversity Conservation Union

Торфяные болота Сибири: функционирование, ресурсы, восстановление

Материалы четвертой международной
научной конференции

1–8 октября 2021 года, г. Томск, Россия

Томск–2021

Siberian Research Institute of Agriculture and Peat-branch of Siberian
Federal Scientific Centre of Agro-BioTechnologies RAS
Institute of Monitoring of Climatic and Ecological Systems SB RAS
Nature and Biodiversity Conservation Union

Peatlands of Siberia: functioning, resources, restoration

Proceedings of the 4th Conference

October 1–8 2021, Tomsk, Russia

Tomsk–2021

УДК 553.048+338.4+504.06

Торфяные болота Сибири: функционирование, ресурсы, восстановление: Материалы Четвертой международной научной конференции (1 октября–8 октября 2021 года, г. Томск, Россия). – Томск: "Издательство Ипполитова", 2021. – 152 с.

Peatlands of Siberia: functioning, resources, restoration: Proceedings of the Fourth International Conference (October 1–8, 2021, Tomsk, Russia). – Tomsk: "Publishing house Ippolitova", 2021. 152 p

В сборнике представлены материалы конференции, посвященной исследованию торфяных болот. Тематика данной конференции охватывает широкий круг теоретических и практических вопросов. В работах изучены аспекты образования и развития болот, рассмотрены особенности ландшафтной структуры растительного покрова, выполнена характеристика ресурсов болот и оценка направлений их использования. Большое внимание уделяется углеродному балансу болот, а также изучению биологической продуктивности болот, сезонной динамике эмиссии CO₂. Большой блок вопросов посвящен вопросам восстановления болот. Сборник материалов конференции будет интересен широкому кругу специалистов в области болотоведения, биогеохимии, природопользования, студентам, аспирантам.

ISBN 978-5-93856-502-9



Все материалы представлены в авторской редакции.
Ответственные за выпуск: к.г.-м.н. Харанжевская Ю.А.

СОДЕРЖАНИЕ

СЕКЦИЯ 1. ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ

Banaszuk P., Grygoruk M., Kamocki A. PEATLANDS IN CENTRAL EUROPE: VARIOUS HISTORIES, VARIOUS STATES, THE SAME CHALLENGES AHEAD.....	10
Асташин А.Е., Бадин М.М., Уфилина В.А., Самойлов А.В., Рыжов Е.В. ЛАНДШАФТНАЯ СТРУКТУРА ТЕРРИТОРИИ ВОДНО-БОЛОТНОГО УГОДЬЯ МЕЖДУНАРОДНОГО ЗНАЧЕНИЯ "КАМСКО-БАКАЛДИНСКАЯ ГРУППА БОЛОТ".....	11
Бакка С.В., Киселева Н.Ю. СЕРЫЙ ЖУРАВЛЬ – ВИД ИНДИКАТОР ПРИРОДООХРАННОЙ ЦЕННОСТИ БОЛОТ	12
Бобрик А.А., Гончарова О.Ю., Матышак Г.В., Тимофеева М.В. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ КОМПОНЕНТОВ УГЛЕРОДНОГО ЦИКЛА ПОЧВ БОЛОТНЫХ И ЛЕСНЫХ ЭКОСИСТЕМ СЕВЕРНОЙ ТАЙГИ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ.....	14
Вишнякова Е.К. РАЗЛОЖЕНИЕ СФАГНОВЫХ МХОВ В БОЛОТНЫХ ЭКОСИСТЕМАХ РАЗЛИЧНЫХ ПРИРОДНЫХ ЗОН ЗАПАДНОЙ СИБИРИ (НА ПРИМЕРЕ <i>SPHAGNUM FUSCUM</i>)	16
Гашков С.И. ПОЗВОНОЧНЫЕ ВЕРХОВЫХ БОЛОТ КАК ВАЖНЫЙ КОМПОНЕНТ РАЗВИТИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ТУРИЗМА В ТОМСКОЙ ОБЛАСТИ.....	18
Гашкова Л.П. НАКОПЛЕНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ В ТОРФЕ НА ОСУШЕННОМ ПОСТПИРОГЕННОМ БОЛОТЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ СТОРАНИЯ БИОМАССЫ.....	21
Головацкая Е.А. УГЛЕРОДНЫЙ БАЛАНС БОЛОТНЫХ ЭКОСИСТЕМ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ.....	23
Гусева Н.В., Савичев О.Г. О ВЗАИМОСВЯЗЯХ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА И КАЧЕСТВА БОЛОТНЫХ, ПОДЗЕМНЫХ И РЕЧНЫХ ВОД НА ТЕРРИТОРИИ ТОМСКОЙ ОБЛАСТИ.....	25
Давыдов Д.К., Дьячкова А.В., Симоненков Д.В., Фофонов А.В., Максюттов Ш.Ш., Nakayama T. ПРИМЕНЕНИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО КАМЕРНОГО МЕТОДА ДЛЯ ДОЛГОВРЕМЕННЫХ ИЗМЕРЕНИЙ ГАЗОВЫХ ПОТОКОВ В БОЛОТНЫХ ЭКОСИСТЕМАХ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ.....	28
Дюкарев Е.А. СУММАРНЫЙ ЭКОСИСТЕМНЫЙ ОБМЕН В БОЛОТНЫХ ЭКОСИСТЕМАХ СРЕДНЕЙ ТАЙГИ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ	29

Завалишин Н.Н. МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭМИССИИ УГЛЕРОДСОДЕРЖАЩИХ ГАЗОВ ИЗ ТОРФЯНЫХ ЗАЛЕЖЕЙ ВЕРХОВЫХ БОЛОТ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ.....	30
Исаева А.В., Гончарова О.Ю., Матышак Г.В. ОСОБЕННОСТИ ПРОДУЦИРОВАНИЯ И ПЕРЕРАСПРЕДЕЛЕНИЯ СО₂ В ПРОФИЛЯХ ПОЧВ БУГРИСТЫХ ТОРФЯНИКОВ СЕВЕРА ЗАПАДНОЙ СИБИРИ	31
Копысов С.Г., Елисеев А.О., Жарких А.А. МОДЕЛИРОВАНИЕ ВОДНОГО ЦИКЛА РЕК БАССЕЙНА ВАСЮГАНА	32
Коронатова Н.Г. РОСТ СФАГНОВЫХ МХОВ НА БОЛОТАХ ЮЖНОЙ ТАЙГИ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ГИДРОТЕРМИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ ВЕГЕТАЦИОННОГО СЕЗОНА....	33
Косых Н.П. БИОЛОГИЧЕСКАЯ ПРОДУКТИВНОСТЬ БОЛОТ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ.....	37
Леонова Г.А., Мельгунов М.С., Мезина К.А., Мальцев А.Е., Прейс Ю.И., Кривоногов С.К. ЕСТЕСТВЕННЫЕ РАДИОИЗОТОПЫ И ТЕХНОГЕННЫЙ ¹³⁷CS В ВЕРТИКАЛЬНОМ ПРОФИЛЕ ШЕРСТОБИТОВСКОГО ВЕРХОВОГО ТОРФЯНИКА ЛЕСОСТЕПНОЙ ЗОНЫ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ	39
Лим А.Г., Лойко С.В., Кузьмина Д.М., Крицков И.В. ГИДРОХИМИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ЛЬДА ТОРФЯНОЙ ЗАЛЕЖИ МНОГОЛЕТНЕМЕРЗЛОТНЫХ БОЛОТ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ	41
Лойко С.В., Лим А.Г., Кузьмина Д.М., Климова Н.В., Крицков И.В. ОСОБЕННОСТИ ЗАБОЛАЧИВАНИЯ КОТЛОВИН ДРЕНИРОВАННЫХ ТЕРМОКАРСТОВЫХ ОЗЕР КРИОЛИТОЗОНЫ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ ..	43
Мальцев А.Е., Леонова Г.А., Бобров В.А., Шавекин А.С., Восель Ю.С. .. ГИДРОХИМИЧЕСКИЕ И МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ЭКОСИСТЕМ ВЕРХОВЫХ БОЛОТ ВОСТОЧНОГО ПРИБАЙКАЛЯ	44
Махныкина А.В., Полосухина Д.А., Прокушкин А.С. СЕЗОННАЯ ДИНАМИКА ЭМИССИИ СО₂ С ПОВЕРХНОСТИ ВЕРХОВОГО БОЛОТА ЦЕНТРАЛЬНОЙ СИБИРИ	46
Мещерякова А.В., Каверин А.А., Заров Е.А., Филиппов И.В., Сабреков А.Ф., Дюкарев Е.А., Минаева Т.Ю., Лапшина Е.Д. ПРИРОДНЫЕ И НАРУШЕННЫЕ ЭКОСИСТЕМ ПРИОБСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ.....	48
Наумов А.В. ПОТЕНЦИАЛ МЕТАНОТРОФНОЙ АКТИВНОСТИ И МИНЕРАЛИЗАЦИЯ ТОРФА ВЕРХОВОГО СФАГНОВОГО БОЛОТА ЛЕСОСТЕПНОЙ ЗОНЫ.....	52

Никиткин В.А., Колесниченко Л.Г., Никиткина Э.Г., Пивоварова А.В., Халиулина Е.Р., Варзарова Е.Ю., Луцаева И.В. ИЗМЕНЕНИЕ СТРУКТУРЫ МИКРОБНОГО СООБЩЕСТВА ВСЛЕДСТВИЕ ТАЯНИЯ МНОГОЛЕТНЕМЕРЗЛОТНОГО СЛОЯ ПЛОСКОБУТРИСТОГО ТОРФЯНИКА.....	55
Никонова Л.Г., Головацкая Е.А. РАЗЛОЖЕНИЕ РАСТЕНИЙ-ТОРФООБРАЗОВАТЕЛЕЙ В ТОРФЯНЫХ ЗАЛЕЖАХ ОЛИГОТРОФНЫХ БОЛОТ ПОДВЕРЖЕННЫХ ОСУШЕНИЮ И ПИРОГЕННУМУ ВОЗДЕЙСТВИЮ.....	57
Носкова О.С., Бокадорова Е.И., Колесова Н.Е., Бакка С.В., Денисов Д.А., Стрижова С.В., Сорокина Ю.А., Баранов С.А. МНОГОЛЕТНЯЯ ДИНАМИКА БОЛОТНЫХ И ЛЕСНЫХ ОРНИТОКОМПЛЕКСОВ КЕРЖЕНСКОГО ЗАПОВЕДНИКА В ЛЕТНИЙ ПЕРИОД (НИЖЕГОРОДСКАЯ ОБЛАСТЬ, РОССИЯ)	60
Пивоварова А.В., Колесниченко Л.Г., Прокушкин А. С., Чубукова Г.А., Луговая-Долматова А.В., Луцаева И.В. ИЗУЧЕНИЕ СКОРОСТИ БИОДЕСТРУКЦИИ РАСТЕНИЙ- ТОРФООБРАЗОВАТЕЛЕЙ <i>CAREX CESPITOSA</i>, <i>CALAMAGROSTIS PURPUREUS</i>	62
Прейс Ю.И., Кобелева Н.В. СТРАТИГРАФИЯ И ДИНАМИКА ПЛОСКОБУТРИСТОГО БОЛОТА (ТАЗОВСКИЙ ПОЛУОСТРОВ, ЗАПАДНАЯ СИБИРЬ).....	64
Прейс Ю.И., Чередыко Н.Н. ЦИКЛЫ СОЛНЕЧНОЙ АКТИВНОСТИ И ДИНАМИКА БОЛОТООБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ЗАПАДНОЙ СИБИРИ В ГОЛОЦЕНЕ	66
Прокушкин А.С., Панов А.В., Полосухина Д.А., Корец М.А., Прокушкина М.П., Карлссон Я. ПАРАМЕТРЫ УГЛЕРОДНОГО БАЛАНСА МАЛЫХ ВОДОТОКОВ СРЕДНЕЙ СИБИРИ, ДРЕНИРУЮЩИХ ГИДРОМОРФНЫЕ ЛАНДШАФТЫ	68
Степанова В.А. Миронычева-Токарева Н.П. ЛАТЕРАЛЬНАЯ И РАДИАЛЬНАЯ ДИФФЕРЕНЦИАЦИЯ МАКРОЭЛЕМЕНТОВ В ТОРФЯНЫХ ПОЧВАХ БОЛОТНОЙ КАТЕНЫ (НА ПРИМЕРЕ БОЛОТНОГО МАССИВА СРЕДНЕТАЕЖНОЙ ПОДЗОНЫ)	70
Русских И.В., Серебренникова О.В., Стрельникова Е.Б., Харанжевская Ю.А. СОСТАВ ЛИПИДОВ БОЛОТНЫХ ВОД И РАСТЕНИЙ НА ПИРОГЕННО НАРУШЕННЫХ ТЕРРИТОРИЯХ.....	73

Стрельникова Е.Б., Русских И.В., Прейс Ю.И. БИОМАРКЕРЫ Н-АЛКАНЫ И Н-АЛКАН-2-ОНЫ В ВЕРХОВЫХ ТОРФАХ И БОЛОТНЫХ РАСТЕНИЯХ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ	75
Тимофеева М.В., Гончарова О.Ю., Матышак Г.В. РОЛЬ ФАКТОРОВ В БИОГЕОХИМИИ УГЛЕРОДА В БОЛОТНЫХ ЭКОСИСТЕМАХ СЕВЕРА ЗАПАДНОЙ СИБИРИ	78
Токарева И.В., Прокушкин А.С. БИОГЕННЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ В РУСЛОВОМ СТОКЕ РЕК НА ТЕРРИТОРИИ БОЛОТНЫХ ЭКОСИСТЕМ ЗАПАДНОСИБИРСКОЙ НИЗМЕННОСТИ	80
Трифонова В.А. ИНТЕНСИВНОСТЬ МИНЕРАЛИЗАЦИИ ТОРФЯНЫХ ПОЧВ СЕВЕРА ЗАПАДНОЙ СИБИРИ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ТЕМПЕРАТУРЫ И ВЛАЖНОСТИ	82
Чуванов С.В. ВЛИЯНИЕ ВЛАЖНОСТИ НА БИОЛОГИЧЕСКУЮ АКТИВНОСТЬ ТОРФЯНЫХ ПОЧВ КРИОЛИТОЗОНЫ	84
Харанжевская Ю.А., Савичев О.Г. ПРОСТРАНСТВЕННАЯ ВАРИАЦИЯ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ВОД СЕВЕРО-ВОСТОЧНОГО УЧАСТКА ВАСЮГАНСКОГО БОЛОТА.....	87
Харанжевская Ю.А., Синюткина А.А. РЕЗУЛЬТАТЫ ФОНОВОГО ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА СОСТОЯНИЯ ВАСЮГАНСКОГО БОЛОТА НА ПРИГРАНИЧНЫХ ТЕРРИТОРИЯХ ГОСУДАРСТВЕННОГО ПРИРОДНОГО ЗАПОВЕДНИКА «ВАСЮГАНСКИЙ»	89
Щуряков Д.С., Гришуткин О.Г., Ямбушев А.Р. МАТЕРИАЛЫ К ИЗУЧЕНИЮ БОЛОТ САМАРСКОЙ ОБЛАСТИ.....	91

СЕКЦИЯ 2. РЕСУРСЫ БОЛОТ

Дайбова Е.Б., Селянина С.Б., Пономарева Т.И., Кириллова М.Е. ОСОБЕННОСТИ КИСЛОТНО-ОСНОВНЫХ СВОЙСТВ ВЕРХОВЫХ ТОРФОВ ПРИБЕЛОМОРСКОЙ НИЗМЕННОСТИ И ЗАПАДНО - СИБИРСКОЙ РАВНИНЫ.....	94
Зайцев К.В., Проколопова А.В., Гостюхина А.А., Замощина Т.А., Дорошенко О.С., Жукова О.Б. ВЛИЯНИЕ ГУМИНОВЫХ ВЕЩЕСТВ ТОРФА ИЗ БОЛОТА ТАГАН ТОМСКОЙ ОБЛАСТИ НА АДАПТИВНЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ ОРГАНИЗМА В ЭКСПЕРИМЕНТЕ	96
Клопотова Н.Г., Сидорина Н.Г. ТОРФЯНЫЕ ЛЕЧЕБНЫЕ РЕСУРСЫ СИБИРСКОГО РЕГИОНА: СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В МЕДИЦИНЕ	98

Кравец А.В., Акимова Е.Е., Терешенко Н.Н., Минаева О.М. ТОРФ КАК ТВЕРДЫЙ НОСИТЕЛЬ ДЛЯ АГРОНОМИЧЕСКИ ЦЕННЫХ БАКТЕРИЙ.....	100
Ларина Г.В., Ялбачева О.А., Кайгородов Е.В., Дайбова Е.Б.: ВАРИАБЕЛЬНОСТЬ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ГОРНЫХ ТОРФОВ	102
Першай Н.С. ВЛИЯНИЕ УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ОБРАБОТКИ НА СОРБЦИОННЫЕ СВОЙСТВА ОСТАТКА ТОРФА И БУРОГО УГЛЯ ...	105
Романова М.С., Хаксар Е.В., Леонова Н.И., Новиков О.О., Косинова Е.И., Гантимурова А.Н. РАЗРАБОТКА СПОСОБА ПОЛУЧЕНИЯ ОЗДОРОВЛЕННЫХ МИНИКЛУБНЕЙ КАРТОФЕЛЯ СОРТА ЮБИЛЯР С ПРИМЕНЕНИЕМ ГУМИНОВОГО ПРЕПАРАТА ИЗ ТОРФА.....	107
Рязанцева М.И. МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ИЗУЧЕНИЯ СВОЙСТВ ТОРФЯНЫХ ПОЧВ	109
Селянина С.Б., Татаринцева В.Г., Пономарева Т.И., Дайбова Е.Б., Кириллова М.Е., Ярыгина О.Н. РЕСУРСНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ВЕРХОВЫХ БОЛОТ ПРИБЕЛОМОРСКОЙ НИЗМЕННОСТИ И ЗАПАДНО-СИБИРСКОЙ РАВНИНЫ.....	111
Серебренникова О.В., Селянина С.Б., Русских И.В., Стрельникова Е.Б. ТОРФА АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЫ РОССИИ – ПОТЕНЦИАЛЬНЫЙ ИСТОЧНИК ПОЛЕЗНЫХ ПРОДУКТОВ.....	113
Соколова И.В., Солоха А.А., Скобцова К.А., Селянина С.Б. ФЛУОРЕСЦЕНЦИЯ ВОДНЫХ РАСТВОРОВ ГУМИНОВЫХ КИСЛОТ ТОРФА И ГУМИНОВЫХ ПРЕПАРАТОВ.....	116
Татаринцева В.Г., Селянина С.Б., Ярыгина О.Н., Пономарева Т.И. ВЛИЯНИЕ ОСУШЕНИЯ НА ГРУППОВОЙ СОСТАВ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА ВЕРХОВОГО ТОРФА ЕВРОПЕЙСКОГО СЕВЕРА РОССИИ	ОШИБКА! ЗАКЛАДКА НЕ ОПРЕДЕЛЕНА.
Терешенко Н.Н., Зюбанова Т.И., Кравец А.В., Акимова Е.Е., Минаева О.М., Петрова Т.М. ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ТОРФА В КАЧЕСТВЕ ОСНОВЫ ИСКУССТВЕННОГО ГРУНТА ПРИ МОДЕЛИРОВАНИИ МИНИ-ЭКОСИСТЕМ.....	119
Тимофеева Ю.Р. ХАРАКТЕРИСТИКА ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА ТОРФОРАЗРАБОТОК.....	121
Удинцев С.Н., Жилиякова Т.П. ПРИМЕНЕНИЕ ПРЕПАРАТА ИЗ НИЗИННОГО ТОРФА В АКВАКУЛЬТУРЕ.....	124

Федорова А.А., Соколова И.В., Селянина С.Б. АДСОРБЦИЯ ОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ НА ГУМИНОВЫХ КИСЛОТАХ..... 126

Харанжевская Ю.А. СОСТОЯНИЕ ТОРФЯНЫХ РЕСУРСОВ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ТОРФЯНОЙ ОТРАСЛИ В ТОМСКОЙ ОБЛАСТИ..... 127

Юдина Н.В., Савельева А.В. ПЕРСПЕКТИВНАЯ БЕЗОТХОДНАЯ КОМПЛЕКСНАЯ ПЕРЕРАБОТКА ТОРФА МЕХАНОХИМИЧЕСКИХ СПОСОБОМ С ПОЛУЧЕНИЕМ ИННОВАЦИОННЫХ ПРОДУКТОВ... 128

СЕКЦИЯ 3. ОХРАНА И ВОССТАНОВЛЕНИЕ ТОРФЯНЫХ БОЛОТ

Stachowicz M., Manton M., Grygoruk M. QUANTIFYING ECOSYSTEM SERVICES OF PEATLAND IN THE PERSPECTIVE OF THEIR RESTORATION – CASE STUDY OF THE TRANSBOUNDARY NEMAN RIVER CATCHMENT 130

Drzymulska D., Zieliński P. VEGETATION SUCCESSION AND PAST TROPHY OF FORSHORE MIRES IN HUMIC LAKES, NE POLAND..... 131

Pål Martin OVERVIEW OF MIRE RESTORATION WORK IN NORWAY 133

Головацкая Е.А. ОРГАНИЗАЦИЯ КОМПЛЕКСНОГО МОНИТОРИНГА БОЛЬШОГО ВАСЮГАНСКОГО БОЛОТА. ЦЕЛИ И ПЕРСПЕКТИВЫ. 134

Минаева Т.Ю. ПРОЕКТЫ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ТОРФЯНЫХ БОЛОТ КАК МЕРОПРИЯТИЯ НА ПУТИ К НИЗКОУГЛЕРОДНОМУ РАЗВИТИЮ 136

Орлов Т.В., Шахматов К.Л. АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТ ПО ВТОРИЧНОМУ ОБВОДНЕНИЮ ТОРФЯНИКОВ ТВЕРСКОЙ ОБЛАСТИ С ПОМОЩЬЮ ДАННЫХ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ 139

Ryatina E. V., Kasatkina G. A. INFLUENCE OF DURATIVE DRAINAGE MELIORATION ON THE SOIL INVERTEBRATES (THE LENINGRAD REGION) 141

Ратникова О.Н. ОЦЕНКА НАРУШЕННОСТИ БОЛОТ БЕЛАРУСИ 143

Sinyutkina A.A. CHARACTERIZATION OF PEAT DEPOSIT USING GROUND PENETRATING RADAR: SURVEY EXPERIMENTS AND DATA INTERPRETATION 146

Шахматов К.Л. ОБЗОР РЕЗУЛЬТАТОВ ЦЕЛЕНАПРАВЛЕННОГО 10-ЛЕТНЕГО ОБВОДНЕНИЯ НАРУШЕННЫХ БОЛОТ В РОССИИ 148

СЕКЦИЯ 1. ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ

**PEATLANDS IN CENTRAL EUROPE: VARIOUS HISTORIES,
VARIOUS STATES, THE SAME CHALLENGES AHEAD**

Banaszuk P.¹, Grygoruk M.², Kamocki A.¹

¹Bialystok University of Technology, Poland

²Warsaw University of Life Sciences, Poland

p.banaszuk@pb.edu.pl

Protection and management of peatlands worldwide face a developing paradigm. Recently our knowledge increased about their capabilities to sequester GHG and decrease the societies' footprint on the climate and the environment. However, new estimates of the amounts of carbon stored in peatlands during the Holocene have nearly doubled the values given before, resulting in changing peatlands' view as a potential source of greenhouse gasses if unwisely managed. Strategies on the management of peatlands, especially those that remained in Central European Lowlands' agricultural landscapes, previously (and still) oriented at preventing further deterioration, switch to the urgent need to restore and protect mires.

Our study analyzes different peatlands persisting under various pressures and disturbances and remaining across multiple landscape and environmental settings. We focus on the mires of Poland, Lithuania, and Russia (Kaliningrad Region) located in the Neman River catchment studied within the international project DESIRE (Interreg Baltic Sea Region). The project's objective is to elaborate restoration and management strategies of peatlands in the Neman catchment to reduce GHG emissions and increase nutrient retention for efficient protection of inland waters and the Baltic Sea against eutrophication and harmful algal blooms. Our research revealed that the lack of active management of peatlands for approximately 70-80 years results in spontaneous self-restoration of functioning mires when environmental conditions such as adjacent water bodies remain kept in a natural state. We also revealed that the success of the restoration of degraded and intensively managed peatlands depends on the appropriate stakeholder involvement, not



necessarily driven by the economy. Finally, we observed that peatlands' status is way more dependent on management than on any other environmental pressures, including the climate.

ЛАНДШАФТНАЯ СТРУКТУРА ТЕРРИТОРИИ ВОДНО-
БОЛОТНОГО УГОДЬЯ МЕЖДУНАРОДНОГО ЗНАЧЕНИЯ
"КАМСКО-БАКАЛДИНСКАЯ ГРУППА БОЛОТ"

**Асташин А.Е.^{1,2}, Бадин М.М.¹, Уфилина В.А.¹, Самойлов А.В.¹,
Рыжов Е.В.**

¹ Нижегородский государственный педагогический университет
имени Козьмы Минина, Нижний Новгород

² Нижегородский государственный инженерно-экономический
университет, Нижний Новгород
astashinfizgeo@yandex.ru

В статье приведены результаты ландшафтной дифференциации территории водно-болотного угодья международного значения "Камско-бакалдинская группа болот" Нижегородской области. Рассматриваемая территория имеет высокое природоохранное значение, однако для эффективного планирования природоохранных мероприятий и глубокого – системного – понимания процессов и пространственных закономерностей размещения объектов растительного и животного мира необходима схема ландшафтного районирования территории, выполненная на уровне ландшафтов. В результате исследования установлены границы и описаны ландшафтов, а также создана ландшафтная карта территории Камско-Бакалдинской группы болот.

СЕРЫЙ ЖУРАВЛЬ – ВИД ИНДИКАТОР ПРИРОДООХРАННОЙ ЦЕННОСТИ БОЛОТ

Бакка С.В., Киселева Н.Ю.

Государственный природный заповедник «Нургуш»
Нижегородский государственный педагогический университет
имени Козьмы Минина, Нижний Новгород
sopr_nn@mail.ru

Болотные экосистемы уязвимы и нуждаются в охране. В региональные системы ООПТ должны быть включены наименее нарушенные, наиболее крупные болота, имеющие наибольшую водоохранную и ресурсоохранную роли, а также обеспечивающие существование максимального числа редких видов, связанных с болотами. Комплексное изучение болот – трудоемкий и времязатратный процесс. Актуален поиск методических подходов, позволяющих выявлять наиболее ценные с природоохранной точки зрения болота. В практике охраны биологического разнообразия важнейшим приоритетом при выделении ООПТ принято считать наличие на территории значительного числа редких видов, относящихся к различным экологическим и систематическим группам и разным размерным классам. Под размерным классом понимают величину участка, необходимого для существования особи (семейной группы).

Серый журавль (*Grus grus* L.) в гнездовой период в условиях средней полосы Европейской России полностью связан с болотами. Из всех облигатно болотных видов серый журавль относится к наибольшему размерному классу. Одна пара занимает участок около 1 кв. км. Вид внесен в Красные книги многих субъектов Российской Федерации, в том числе в Красную книгу Нижегородской области. Такой природоохранный статус вида подразумевает запрет любых действий, приводящих к сокращению численности и разрушению местообитаний. Мы предположили, что обеспечение территориальной охраной основных мест гнездования серого журавля означает представленность в системе ООПТ репрезентативной выборки болотных экосистем, где будет



сохраняться большинство редких видов живых организмов, связанных с болотами. Эту гипотезу мы проверили на примере Нижегородской области, где был создан первый в России кадастр мест гнездований серого журавля и осуществлялся последующий мониторинг его численности. В Нижегородской области 131 ООПТ (84 утвержденных и 47 зарезервированных) сохраняет болотные экосистемы. На 93 ООПТ суммарной площадью 491870 га охраняются 135598,4 га, на которых обитают 830 территориальных пар журавлей (около 60% областной численности вида). Мы проанализировали представленность на данных ООПТ болот различной площади, с разными типами торфяной залежи, а также наличие ресурсов клюквы. Для каждого из охраняемых мест гнездования серого журавля составили список выявленных видов живых организмов, занесенных в Красную книгу Нижегородской области, разделив их на три группы: а) облигатно болотные; б) связанные с болотами и 3) не связанные с болотными экосистемами, а обитающие на внешних и внутренних суходолах.

Абсолютное большинство охраняемых мест гнездования серого журавля – болота, не нарушенные мелиорацией и торфоразработками. Среди них оказались самые большие по площади болота региона. На ООПТ представлены все типы торфяной залежи, характерные для региона (верховые, смешанные, переходные, низинные). В числе охраняемых мест гнездования журавлей – практически все выявленные клюквенники области. Камско-Бакалдинская группа болот – наиболее значимое местообитание серого журавля – получила статус рамсарского водно-болотного угодья.

Вместе с местообитаниями серого журавля территориальной охраной оказались обеспечены почти все облигатно болотные виды живых организмов, занесенные в Красную книгу Нижегородской области (91%), 82% редких видов, связанных с болотами и 53% видов, не связанных с болотами.

Численность журавля и набор редких видов живых организмов зависят от площади болот. Наши расчеты показали высокую корреляцию числа редких видов с площадью болота (коэффициент корреляции 0,75). При этом корреляция числа редких видов живых

СЕКЦИЯ 1. ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ

организмов с численностью серого журавля оказалась более высокой (коэффициент корреляции 0,82).

Таким образом, гипотеза об индикаторной роли серого журавля в оценке природоохранной ценности болот получила подтверждение.

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ КОМПОНЕНТОВ УГЛЕРОДНОГО ЦИКЛА ПОЧВ БОЛОТНЫХ И ЛЕСНЫХ ЭКОСИСТЕМ СЕВЕРНОЙ ТАЙГИ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

Бобрик А.А., Гончарова О.Ю., Матышак Г.В., Тимофеева М.В.

Факультет почвоведения, МГУ имени М.В. Ломоносова, Москва
ann-bobrik@yandex.ru

На территории России основным источником парниковых газов являются болотные экосистемы. Ключом к пониманию глобального цикла углерода является оценка эмиссии CO_2 из почв, как интегрального показателя их биологической активности. Основной тенденцией мировых исследований данной проблемы является моделирование последствий глобального изменения климата с оценкой чувствительности этих моделей к разным параметрам, включающим как свойства почвы, так и гидротермические, биологические и другие факторы. Целью работы являлась оценка пространственного распределения компонентов углеродного цикла (эмиссия CO_2 , содержание экстрагируемого и микробного углерода) в почвах болотных и лесных экосистем северной тайги Западной Сибири.

Район исследования расположен в подзоне северной тайги на севере Западной Сибири (Надымский район, Тюменская область, ЯНАО; 65°18' N, 72°54' E). Объектами исследования являлись болотные экосистемы: 1) типичный участок плоскобугристого торфяника, 2) заболоченный участок, представляющий собой переувлажненное олиготрофное сфагновое болото. Для сравнения проведено исследование автоморфных лесных экосистем, представленных 2 типами кочковато-западных сосняков лишайниковых: 1) сосняки зеленомошные, 2) сосняки



лишайниковые. Основным методом исследования являлось изучение всех показателей по пикетам мониторинговых площадок. Пикеты мониторинговых площадок расположены по регулярной сетке с шагом 5 м (50×50 м, 121 точка опробования) в лесных экосистемах и с шагом 10 м (100×100 м, 121 точка опробования) в болотных экосистемах.

Все изученные параметры болотных экосистем северотаежной зоны характеризуются высокими коэффициентами вариации, что выражается в высокой комплексности почвенного и растительного покровов, мозаичном сочетании элементов микрорельефа. Почвы, расположенные на плоскобугристом торфянике и прилегающем заболоченном участке, в пик вегетационного сезона характеризуются низкими значениями эмиссии диоксида углерода и высокой пространственной вариабельностью. Почвы торфяника и заболоченного участка статистически значимо отличаются по эмиссии CO₂. Установлено, что в северотаежной зоне наибольшее влияние на эмиссию CO₂ почв плоскобугристых торфяников оказывает содержание углерода микробной биомассы и влажность почвы, а меньшее – мощность СТС и содержание лабильного углерода почв.

Сосняки зеленомошные и сосняки лишайниковые, расположенные в северотаежной зоне, статистически значимо отличаются по всем исследованным параметрам углеродного цикла почв и факторам среды. Почвы сосняков зеленомошных характеризуются превышением по сравнению с почвами сосняков лишайниковых таких показателей, как содержание углерода микробной биомассы (в 1.5 раза), содержание экстрагируемого углерода (в 4 раза), эмиссия CO₂ (в 1.7 раза). В северотаежной зоне эмиссия диоксида углерода почвами сосняков зеленомошных в большей степени определяется температурой почвы, а в меньшей – влажностью почвы. Для почв сосняков лишайниковых северотаежной зоны характерна другая зависимость: наибольшее влияние на эмиссию CO₂ почв оказывает содержание экстрагируемого углерода почв.

В ходе исследований, проведенных в типичных болотных и лесных экосистемах северной тайги Западной Сибири в пик

вегетационного сезона, оценено пространственное варьирование и взаимосвязь эмиссии CO₂ почв, содержания экстрагируемого и микробного углерода почв, а также гидротермических параметров почв. Исследованные параметры углеродного цикла почв характеризуются высокой пространственной вариабельностью во всех исследованных экосистемах. Данный факт говорит о необходимости детального исследования эмиссии парниковых газов почв из всех экосистем, которые типичны для данной природной зоны. Недоучет пространственной неоднородности свойств почв и особенностей режимов их функционирования может привести к существенным искажениям оценок суммарных потоков парниковых газов и созданных на их основе прогнозных моделей климатических изменений.

РАЗЛОЖЕНИЕ СФАГНОВЫХ МХОВ В БОЛОТНЫХ
ЭКОСИСТЕМАХ РАЗЛИЧНЫХ ПРИРОДНЫХ ЗОН ЗАПАДНОЙ
СИБИРИ (НА ПРИМЕРЕ *SPHAGNUM FUSCUM*)

Вишнякова Е.К.

Институт почвоведения и агрохимии СО РАН, Новосибирск
vishnyakova@issa-siberia.ru

Эксперименты по разложению остатков болотных растений в полевых условиях велись на пяти ключевых участках в Западной Сибири: на плоскобугристых болотах в зоне лесотундры и северотаежной подзоны, на верховых грядово-мочажинных болотах в подзонах средней и южной тайги, в лесостепном ряме. Методика опыта основана на закладке очеса *Sphagnum fuscum* в торф в мешочках на глубины 5, 15 и 25 см от поверхности мохового покрова (Козловская, Медведева, Пьявченко, 1978). Выемку образцов проводили через год, два и три года.

Sphagnum fuscum встречается на болотах в Западной Сибири от тундры до лесостепи. Оптимальные климатические условия для его произрастания наблюдаются на верховых болотах средней и южной тайги и именно на них сфагнум бурый выступает доминантом мохового покрова рямов и гряд. К северу от средней



тайги на мерзлых плоскобугристых болотах на повышенных элементах рельефа преобладают лишайниковые сообщества. Южнее таежной зоны верховые болота представлены в виде островных рямов, где в моховом покрове кроме *Sphagnum fuscum* встречаются и другие виды сфагнов.

Средняя скорость деструкции сфагнома бурого на плоскобугристых болотах лесотундры и северной тайги в первый год эксперимента была 6 % и 9 % потери массы образцов соответственно. В течение второго и третьего годов ежегодные потери постепенно снижались. Суммарные потери образцов в течение трехлетнего эксперимента в лесотундре равны 16 %, в северной тайге – 19 %.

Теплообеспеченность на верховых болотах гораздо больше, чем на плоскобугристых болотах и деструкция идет активнее. В средней и южной тайге и лесостепи наблюдались близкие значения потерь массы образцов сфагнома бурого за первый год разложения – от 9 до 12 %. В среднетаежной подзоне в течение второго года эксперимента скорость разложения снизилась, в результате средние значения потери массы образцов за два года в средней тайге составили 16-20 %. В течение третьего года скорость разложения, наоборот, увеличилась, суммарные потери образцов за три года равны 31-34 %.

На болотах в южнотаежной подзоне сфагнум бурый разлагался более менее равномерно, в среднем ежегодные потери образцов составили 10-12 %, а суммарные потери за три года – 33-36 %. На грядах грядово-мочажинного комплекса разложение образцов шло активнее, чем в рямов на тех же ключевых участках. Средние величины потерь массы образцов на грядах на 2-4 % больше, чем в ряме.

В лесостепном ряме был проведен более длительный эксперимент, образцы сфагнома пролежали пять лет. Так как это был самый южный ключевой участок в наших наблюдениях, скорость разложения здесь была наибольшей. Хотя в первый год опыта потери массы были почти такие же, как на грядах в южной тайге и составили 13 %. За два года опыта очес разложился на 1/3, а за три года потери были равны 56 %. Это на 20 % больше, чем

южной тайге. После третьего года эксперимента, скорость разложения в лесостепном ряме снизилась, суммарные потери за пять лет равны 69 %.

На основе проведенных экспериментов можно сказать, что на плоскобугристых болотах наибольшие потери массы образцов наблюдались в первый год эксперимента, в последующие годы скорость разложения заметно снизилась. На верховых болотах средней тайги наблюдалось увеличение скорости разложения в течение третьего года, в то время как в южнотаежных болотах сфагнум бурый в течение трех лет разлагался почти равномерно. На грядах грядово-мочажинного комплекса средней и южной тайги потери при разложении были больше, чем в рямах. Наиболее интенсивное разложение наблюдалось в лесостепном ряме, так как климатические условия лесостепи наиболее благоприятны для процесса разложения.

ПОЗВОНОЧНЫЕ ВЕРХОВЫХ БОЛОТ КАК ВАЖНЫЙ КОМПОНЕНТ РАЗВИТИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ТУРИЗМА В ТОМСКОЙ ОБЛАСТИ

Гашков С.И.

Зоологический музей НИ Томского государственного
университета, Томск
parusmajorl@rambler.ru

Пространства верховых болот доминируют на территории Томской области, что накладывает свой отпечаток на видовой состав и численность связанных с ними видов позвоночных животных в регионе. Специфичность верховых болот для животных определяется заметно меньшей продуктивностью болот относительно лесных стадий, однако, благодаря разреженному и низкорослому древесному ярусу повышается инсоляция у наземного слоя. Пониженная плотность хищных птиц и млекопитающих, в сочетании со сниженной численностью здесь кровососущих членистоногих, а также специфичность ягодных кормов и насекомых определяет относительно более безопасную и

ТОРФЯНЫЕ БОЛОТА СИБИРИ: ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ, РЕСУРСЫ, ВОССТАНОВЛЕНИЕ



малоконкурентную среду обитания для целого ряда наземных позвоночных. Из холоднокровных обычным представителем верховых болот является остромордая лягушка, живородящая ящерица и обыкновенная гадюка, численность которых определяется трофической ёмкостью местообитаний и защитными условиями торфяной залежи, в которой амфибии и рептилии имеют возможность зимовать, избегая воздействия отрицательных температур. Последнее особенно важно для гадюки, имеющей здесь выражено большую численность, относительно прилегающих лесных стадий. Из ряда теплокровных болота круглогодично обеспечивают жизнь глухаря, тетерева, белой куропатки, способных использовать в зимнем питании самый массовый корм, например хвою, серёжки и почки берёзы, ягоды. Многие дальние мигранты птиц (гуменник, лебедь-кликун, шилохвость, турухтан, жёлтая и желтоголовая трясогузки), прокладывая маршруты напрямик через болота и используют их безопасные участки для остановок. К данной категории относится и встреча пары особей стерха, глобально редкого вида, в апреле 2017 года на постпирогенном участке болота в Бакчарском районе (определение по словесному описанию сотрудников научного отдела СибНИИСХиТ). В качестве мест гнездования верховые болота привлекательны для обычных в области перелётных видов птиц как гагары, представителей семейства утиных (лебедь-кликун, чирок-свистунок, свиязь), некоторых куликов (средний кроншнеп, турухтан, фифи) и воробьиных, как лесной конёк, свиристель, чечётка. Млекопитающих здесь немного, ряд эвритоных и околотовных видов насекомоядных (тундрная бурозубка, кутора) и грызунов (полёвка-экономка, красная полёвка), что и определяет сниженную численность использующих их хищников. Вместе с тем на болото заходят и крупные виды. Лось находит здесь, при необходимости, сезонное спасение от гнуса, а медведь посещает болота в сезон созревания ягодных кормов. Ряд акклиматизированных у нас водных и полуводных видов (бообр, американская норка, реже ондатра) успешно освоили примыкающий к болотам лес и охотно селятся вдоль стекающих с болот ручьев. Вероятно, по верховым болотам в область ранее

СЕКЦИЯ 1. ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ

проник обыкновенный ёж, а в настоящее время в восточном направлении расселяется енотовидная собака, которая также тяготеет к водно-болотным местообитаниям, где избегает конкуренции с другими псовыми и встречи с ней становятся всё более частыми. Среди птиц, расселяющаяся на восток обыкновенная лазоревка была впервые выявлена (сфотографирована) в Томской области Белоусовым М.Ф. в Бакчарском районе осенью 2020 г. (<https://www.sibirds.ru/v2taxgal.php?s=533&l=ru&p=0>). Ранее им же отмечен в районе пока ещё редкий расселяющийся в области чёрный дрозд, а также выявлены залёты южных видов журавля-красавки и белой цапли.

Таким образом, верховые болота и связанные с ними животные, в совокупности со спецификой ботанической, микологической и энтомологической составляющих данных биоценозов, истории их появления, закономерностей их развития, современного состояния, значения для человека и в целом для жизни на планете, имеют хороший потенциал для успешного развития учебно-просветительской деятельности, краеведческого экотуризма, организации фототуров. Для многих современных людей при наличии оборудованных экологических троп такие возможности позволят комфортно познавать мир верхового болота, самого большого по площади биоценоза Западно-Сибирской равнины.



НАКОПЛЕНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ В ТОРФЕ НА ОСУШЕННОМ
ПОСТПИРОГЕННОМ БОЛОТЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ СГОРАНИЯ
БИОМАССЫ

Гашкова Л.П.

Сибирский НИИ сельского хозяйства и торфа - филиал СФНЦА
РАН, Томск
gashkova-lp@rambler.ru

Начиная со второй половины 20 века на болотах Западной Сибири зафиксировано значительное увеличение пожарной активности, связанной, с деятельностью человека. Цель нашей работы состояла в том, чтобы выявить разницу распределения элементов по глубине торфяной залежи на постпирогенных и соседних с ними болотах.

Объектом исследования является верховое осушенное болото, расположенное в пределах Бакчарского болотного массива, в междуречье Бакчара и Иксы, на котором произошёл пожар в августе 2016 года. Исследования проведены на четырех участках. На участке ПГ1 растительность выгорела полностью, на ПГ2 выгорели межкочья, на участках РГ и ПГ3 растительность полностью сохранилась.

При сравнении всех участков обнаружено, что средние значения концентрации всех элементов, кроме Fe и Cu, самые высокие на ПГ1, наиболее пострадавшем от пожара.

На постпирогенных участках с частично или полностью выгоревшим растительным покровом отмечено повышение содержания всех рассмотренных элементов в верхних слоях (0-5см) торфяной залежи. Повышение концентрации элементов объясняется наличием на данных участках слоя обугленного органического вещества, образовавшегося в результате почти полного уничтожения живых растений во время пожара и, как результат, увеличения степени разложения верхнего слоя торфа. Уровень болотных вод редко поднимается на эту высоту, а капиллярная кайма нарушена из-за изменения структуры торфа и отсутствия мохового покрова. Совокупность условий,

сложившихся на постпирогенных участках, приводит к тому, что микроэлементы, содержащиеся в верхнем слое, остаются малодоступными для растений и вымывания в нижние слои.

На участках, прилегающих к выгоревшим, в верхних слоях наблюдается не такое резкое увеличение, но сохраняется на большую глубину, достигая самого низкого уровня болотных вод. Кроме того, на глубине примерно от 20 до 50 см наблюдаются пики повышения концентрации Cu Fe и Mn. Благодаря увеличению концентрации Cu и Fe на данных участках наблюдается максимальное среднее содержание данных элементов, по сравнению с выгоревшими участками. Такое распределение объясняется тем, что элементы попадали сюда преимущественно с атмосферным переносом в виде аэрозолей, содержащих в себе легкорастворимые формы элементов, которые при попадании на поверхность легко вымываются в более низкие слои, что характерно для почв прохладного и влажного климата. Кроме того, на участках, соседних с выгоревшими, с сохранившейся растительностью, микроэлементы активно перемещаются инфильтрующими водами с соседних участков и поглощаются растениями.

При рассмотрении корреляции концентрации элементов между собой, обнаружилась взаимосвязь между содержанием элементов, что говорит об отсутствии значительного вброса элементов из внешних источников. Интересная общая особенность обнаружилась у ассоциации элементов: Na, P, K и Cd; их концентрации положительно коррелируют со всеми рассмотренными элементами, кроме Ca. У Ca же лишь с Zn, Cd и Pb наблюдается отрицательная корреляция. Кроме того, высокая корреляция обнаружилась у Ca со степенью разложения по глубине торфяной залежи на всех участках. Изменение содержания по глубине торфяной залежи элементов Mn, Fe и Cu оказалось очень схожим, они взаимно коррелируют между собой, и аналогично ведут себя с остальными элементами. Например, у них не наблюдается корреляции с Ca, Mg, Zn и Pb. Такие элементы, как Zn и Pb коррелируют со всеми элементами, кроме Mn, Fe и Cu. Так же (за исключением корреляции с Na), ведёт себя и Mg. Синергизм в



поведении Mn, Fe и Cu наблюдается на каждом из рассмотренных участков, и объясняется сродством всех трёх элементов к растворимым органическим комплексам и способностью связываться в кислой среде с гуминовыми и фульвокислотами.

Таким образом, на постпирогенных участках с частично или полностью выгоревшим растительным покровом отмечено повышение содержания всех рассмотренных элементов в верхних слоях торфяной залежи. Повышение концентрации элементов объясняется наличием на данных участках слоя обугленного органического вещества и почти полное отсутствие живых растений. На участках, прилегающих к выгоревшим, в верхних слоях наблюдается не такое резкое, но более продолжительное по глубине увеличение. Кроме того, примерно на 50 см наблюдаются пики повышения концентрации Cu и Fe.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ и Администрации Томской области в рамках научного проекта № 18-44-700005.

УГЛЕРОДНЫЙ БАЛАНС БОЛОТНЫХ ЭКОСИСТЕМ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

Головацкая Е.А.

Институт мониторинга климатических и экологических систем
Сибирского отделения Российской Академии наук, Томск
golovatskayaea@gmail.com

Динамика содержания парниковых газов (CO_2 и CH_4) в атмосфере является одной из наиболее актуальных проблем экологии, поскольку наблюдается постоянное увеличение их концентрации в атмосфере. Рост концентрации парниковых газов в атмосфере в основном связывают с антропогенной деятельностью. Одной из глобальных проблем исследования круговорота углерода является оценка баланса углерода в различных экосистемах, в том числе и болотных, определение роли отдельных элементов в углеродном балансе на биосферном уровне. По оценкам разных авторов на долю торфяных болот приходится около 3,5 %

поверхности земли, а мировые запасы торфа в углеродном эквиваленте составляют 120-455 млрд. т углерода. На территории Западной Сибири болотные экосистемы занимают по разным оценкам от 36 до почти 50 % площади, и в них содержится около 35 % общего пула почвенного углерода России. Болотные экосистемы являются единственными экосистемами, способными на длительное время изымать углерод из атмосферы, депонируя его в виде торфяных залежей. В настоящее время болотные экосистемы служат стоком углерода из атмосферы, о чем свидетельствуют многочисленные оценки. Однако при изменении климатических условий или при антропогенном воздействии на болота они из стока могут превратиться в источник парниковых газов. Исследования углеродного баланса олиготрофных и эвтрофных болот проводились на территории восточной части Обь-Иртышского междуречья, на двух основных ключевых участках «Бакчарский» (стационар «Васюганье» ИМКЭС СО РАН) и ключевой участок «Тимирязевский». Для оценки углеродного баланса мы изучали чистую первичную продукцию, скорость трансформации растений торфообразователей, эмиссию углекислого газа с поверхности болотных экосистем, оценивали суммарный годовой поток углерода и баланс углерода. Для региональной оценки проводили картирование территории ключевого участка на основании маршрутных исследований и дешифрирования космоснимков. Общая площадь исследованной территории, включая новые ключевые участки составляет 112 тыс. км², из которых болотные экосистемы занимают 42 тыс. км². Общая заболоченность территории составляет 36 %. Оценка составляющих углеродного баланса ключевого участка показала, что олиготрофные болотные экосистемы в течение года накапливают 482 тыс. тонн углерода в год в виде первичной продукции растений, при этом из них выделяется около 350 тыс. тонн углерода. Эвтрофные болотные экосистемы накапливают 165 тыс. тонн углерода в год и выделяют 148 тыс. тонн углерода. Углеродный баланс олиготрофных и эвтрофных экосистем положителен и составляет 133 и 16 тыс. тонн углерода в год, соответственно, при этом накопление углерода на единицу



площади болот составляет 79 и 38 гС/м² в год для олиготрофных и эвтрофных болот. Таким образом, исследуемые болотные экосистемы ключевого участка «Бакчарский» ежегодно поглощают 1,5×10⁵ т углерода из атмосферы. Полученные нами оценки скорости депонирования углерода в 2-2,5 раза выше по сравнению с глобальными оценками депонирования углерода болотами России и мира.

О ВЗАИМОСВЯЗЯХ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА И КАЧЕСТВА БОЛОТНЫХ, ПОДЗЕМНЫХ И РЕЧНЫХ ВОД НА ТЕРРИТОРИИ ТОМСКОЙ ОБЛАСТИ

Гусева Н.В., Савичев О.Г.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Томск

GusevaNV@tpu.ru; OSavichebv@mail.ru

Таежная зона Западной Сибири, включая ее часть в пределах Томской области, характеризуется очень высокой заболоченностью, достигающей 50–60 % в отдельных водосборах. С учетом этого представляет большой научный и практически интерес изучение влияния болотных вод на химический состав и качество подземных и речных вод. Данный вопрос рассмотрен авторами в составе многолетних гидрогеохимических исследований, осуществляемых в Томском политехническом университете (ТПУ). Для решения поставленной задачи было выполнены обобщение и анализ данных ТПУ, Томской геолого-разведочной экспедиции (ТГРЭ), АО «Томскгеомониторинг», Росгидромета. Изученные подземные и поверхностные воды по классификации О.А. Алекина в целом пресные от ультрапресных в случае снеготалых вод до пресных с повышенной минерализацией и почти солоноватых в случае подземных напорных (отложений палеогенового возраста). Атмосферные и болотные воды чаще слабокислые, речные воды – от слабокислых (в весеннее половодье, когда в речную сеть поступают снеготалые воды) до слабощелочных и щелочных в летнюю межень (при потреблении

биотой растворенного углекислого газа и смещения карбонатного равновесия). Минерализация и pH подземных вод определяется сложным комплексом процессов и обстановок.

Наиболее высокое содержание органических веществ закономерно наблюдается в болотных водах в процессе торфообразования. При этом в болотных водах накапливаются продукты разложения органических веществ и органоминеральные соединения в виде растворенных, коллоидных и взвешенных форм. Исследования на водораздельном олиготрофном участке Васюганского болота, притеррасном мезотрофном Тимирязевском долинном евтрофном Обском болотах показали, что часть этих веществ выводится из водной среды вследствие функционирования в торфяной залежи геохимических барьеров, приуроченных к заметному изменению фильтрационных свойств торфов и минеральных отложений.

Отметим, что на олиготрофных болотах в деятельном горизонте и верхней части инертного горизонта возможен горизонтальный адвективный перенос, в средней и нижней частях залежи усиливается роль диффузионной составляющей, а в самой нижней – диффузия и взаимодействие в системе «органическое вещество – минеральный грунт – вода» при практически отсутствии движения. Таким образом, на олиготрофных участках взаимодействие болотных и подземных вод минимально, что является причиной и, одновременно, следствием трансформации болотной системы в направлении от евтрофного типа к олиготрофному. На евтрофных долинных болотах связь болотных и подземных вод более существенна, причем иногда формируются линзы переобводненного торфа вследствие локального притока подземных вод из разных горизонтов и с разной минерализацией.

На верхнем барьере в составе минеральных включений в торфа появляются и/или накапливаются, прежде всего, гидроксиды железа, на нижнем барьере – сульфиды и глинистые минералы. На поверхности указанных выше минеральных фаз происходит соосаждение ряда микроэлементов и формирование аутигенных минералов, возможно, и фосфатов редкоземельных элементов.



Интенсивность и особенности этих процессов зависят от гидрологических и биогеохимических условий.

Безусловно, химический состав водных и кислотных вытяжек из торфов может быть связан с антропогенным загрязнением (атмосферное загрязнение, включая пылевое, реже – сброс сточных вод и аварии на техногенных объектах). Но в большинстве случаев С-образное распределение содержаний многих элементов связано с природными болотными процессами. В любом случае формируется такой химический состав болотных вод, что при их поступлении в речную сеть и подземные водоносные горизонты происходит заметное ухудшение качества речных и подземных вод, особенно по содержанию органических веществ, включая косвенные показатели их содержания.

Таким образом, наличие связи болотных с речными и подземными водами приводит к ухудшению качества последних вследствие поступления органических веществ (продуктов торфообразования), продуктов их трансформации и соединений с некоторыми металлами. Соответственно, на заболоченных территориях требуются дополнительные усилия по водоподготовке. При этом необходимо отметить, даже при минимальной заболоченности водосборных территорий очень часто наблюдаются болота в понижениях речных долин, откуда воды евтрофных долинных болот могут поступать в речную сеть на спаде половодья. Наибольшая взаимосвязь болотных и подземных вод также характерна для долинных евтрофных болот.

ПРИМЕНЕНИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО КАМЕРНОГО
МЕТОДА ДЛЯ ДОЛГОВРЕМЕННЫХ ИЗМЕРЕНИЙ ГАЗОВЫХ
ПОТОКОВ В БОЛОТНЫХ ЭКОСИСТЕМАХ ЗАПАДНОЙ
СИБИРИ

Давыдов Д.К.¹, Дьячкова А.В.¹, Симоненков Д.В.¹, Фофонов
А.В.^{1*}, Максюттов Ш.Ш.², Nakayama T.²

¹ФГБУН Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН,
Томск

²National Institute for Environmental Studies
Japan, 305-8506, Tsukuba, 16-2 Onogawa

**alenfo@iao.ru*

Автоматизированные камерные системы, работающие в закрытом динамическом режиме, рекомендованы в качестве основного метода для измерений потоков парниковых газов на границе почва – атмосфера для станций, входящих в систему ICOS (Integrated Carbon Observation System). В работе приводятся данные измерений сезонных потоков метана (CH₄) и углекислого газа (CO₂) в характерных растительных ассоциациях на Бакчарском болоте в Томской области в теплое время 2013–2019 гг. с использованием автоматического камерного комплекса «Flux-NIES». Обсуждается межгодовая и пространственная изменчивость поглощения атмосферного углерода болотной растительностью и его эмиссии из торфяной залежи. Наблюдается связь этих процессов с уровнем увлажнения в болотных экосистемах.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ №18-45-700020 р_а. Обеспечение полевых измерений осуществлялось при участии Фонда глобальных исследований окружающей среды для Национальных институтов Министерства окружающей среды Японии.



СУММАРНЫЙ ЭКОСИСТЕМНЫЙ ОБМЕН В БОЛОТНЫХ ЭКОСИСТЕМАХ СРЕДНЕЙ ТАЙГИ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

Дюкарев Е.А.

Институт мониторинга климатических и экологических систем СО
РАН, Томск
dekot@mail.ru

Газообразный обмен между атмосферой и торфяниками регулируется фотосинтетической фиксацией CO_2 из атмосферы и потерями CO_2 почвой и растительностью при дыхании. Чистый экосистемный обмен (NEE) CO_2 , исследовался на грядово-мочажинном болотном комплексе (болото Мухрино) в зоне средней тайги Западной Сибири, Россия. С мая по октябрь в 2017-2019 гг. на болоте работала автоматизированная система мониторинга CO_2 с двухканальным газоанализатором Li-7000 и двумя прозрачными камерами, расположенными на поверхности болота в большой мочажине и на небольшой гряде. Две дополнительные камеры были установлены в 2019 году на сосновых ветвях для оценки обмена CO_2 на деревьях.

Была разработана модель для описания влияния различных факторов окружающей среды на NEE и оценки углеродного бюджета болота в течение вегетационного периода. Модель использует температуру воздуха и почвы, поступающую фотосинтетически активную радиацию и глубину грунтовых вод в качестве ключевых факторов, влияющих на валовую первичную продукцию (GPP) и экосистемное дыхание (ER). Коэффициенты модели были откалиброваны по данным наблюдений для каждой изученной экосистемы.

Экспериментальные и модельные результаты показали, что болото Мухрино в течение исследуемого периода действовало как поглотитель углерода, со средним значением NEE $-87,7 \text{ гК м}^{-2}$ в мочажине и $-50,2 \text{ гС м}^{-2}$ на гряде. GPP составил $-344,8$ и $-228,5 \text{ г-м}^{-2}$, тогда как ER равен $287,6$ и $140,9 \text{ г-м-м}^{-2}$ на гряде и мочажине, соответственно.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭМИССИИ УГЛЕРОДСОДЕРЖАЩИХ
ГАЗОВ ИЗ ТОРФЯНЫХ ЗАЛЕЖЕЙ ВЕРХОВЫХ БОЛОТ
ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

Завалишин Н.Н.

ФГБУН Институт физики атмосферы им. А.М. Обухова
Российской академии наук, Москва
nickolos@ifaran.ru

На основе семейства двухкомпонентных блоковых моделей круговорота углерода с элементами водного баланса, построенных по доступным данным о запасах и потоках, исследована динамика ряда типов олиготрофных болотных ландшафтов южной тайги Западной Сибири при вероятных изменениях климата. Этим наблюдаемым в природе устойчивым болотным ландшафтам соответствуют локальные равновесия динамической блоковой модели. Математическое исследование границ устойчивости равновесий в пространстве параметров, зависящих от климатических характеристик, позволяет определять критические значения, при которых может произойти качественное изменение в их функционировании, что приводит и к изменению эмиссии углерода из них в атмосферу. На основе статистических оценок зависимостей интенсивностей торфообразования, разложения мертвого органического вещества подстилки, первичной продуктивности растительного покрова от среднегодовой приземной температуры и количества осадков, получены усредненные траектории эволюции верховых болотных ландшафтов как реакцию биотического цикла углерода на внешние возмущения. Калибровка семейства моделей осуществляется по опубликованным данным ежегодных измерений основных компонентов круговорота углерода в ландшафтах высокого и низкого яров, олиготрофной осоково-кустарничково-сфагновой топи южной тайги Западной Сибири в течение 1999-2009г.г. Мезотрофная топь представлена среднегодовыми данными о запасах и потоках углерода. Реализации динамики болотных ландшафтов при вероятных изменениях климата смоделированы с



использованием проекций климатической модели IPSL для сценариев антропогенных выбросов RCP 2.6 и 8.5.

ОСОБЕННОСТИ ПРОДУЦИРОВАНИЯ И
ПЕРЕРАСПРЕДЕЛЕНИЯ CO₂ В ПРОФИЛЯХ ПОЧВ
БУГРИСТЫХ ТОРФЯНИКОВ СЕВЕРА ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

Исаева А.В., Гончарова О.Ю., Матышак Г.В.

Московский государственный университет имени
М.В.Ломоносова, Факультет почвоведения, Москва
isaevaany@yandex.ru

В настоящее время в связи с наблюдаемыми климатическими изменениями увеличился интерес к источникам парниковых газов, таких как CO₂, CH₄ и N₂O. Почвенный покров принимает активное участие в глобальном цикле углерода и может являться как его источником, так и стоком. Изменения в величине почвенных потоков CO₂ могут оказывать значительное влияние на концентрацию углекислого газа в атмосфере. В связи с этим, изучение газообмена между почвой и атмосферой является на сегодняшний день актуальной задачей. Почва – это сложная полидисперсная и многофазная открытая система, в которой протекают сложные взаимосвязанные процессы. Однако, зачастую, исследователями производится оценка газовой функции почв без учета межфазного взаимодействия почвенных компонентов. Оценка продуцирования почвенной толщей диоксида углерода только по его эмиссии с поверхности не является точной, так как эмиссия является лишь косвенным показателем внутрипочвенных процессов, она не отражает реальных процессов перераспределения диоксида углерода в почве. Для этой цели необходимо осуществлять более комплексный подход. Например, показатель гросс-продуцирования, позволяет произвести более точную оценку продукции диоксида углерода в почвенном профиле и углеродного бюджета исследуемых участков в целом с учетом внутрипочвенных межфазных процессов (Смагин, 2005).

Исследования проводили на примере торфяно-криоземана плоскобугристом торфянике, расположенном на севере Западной Сибири в Надымском районе. Использовались камерный и градиентный методы (Maier, Schack Kirchner, 2014). Все исследования проводились с контролем влажности и температуры почвенных горизонтов. В результате исследования были получены следующие данные. Значения эмиссии варьируют в течение 7 дней наблюдения в пределах 118-230 мгСО₂/м²/час. При этом запасы СО₂ в почвенном профиле в газовой фазе менялись от 0,25 до 0,34 г/м², а в водной фазе – от 1,62 до 3,01 г/м². Суммарные запасы углекислого газа варьировали от 1,90 до 3,35 г/м² (мощность профиля 60 см). Полученные экспериментальные данные позволяют оценить gross-продуцирование диоксида углерода торфяно-криоземом и его перераспределение и депонирование в профиле в течение периода наблюдений.

Литература

1. Смагин А.В. Газовая фаза почв. М.: Изд-во Моск. Ун-та, 2005, 301 с.
2. Maier M., and H. Schack Kirchner (2014), Using the gradient method to determine soilgas flux: A review, Agric. For. Meteorol., 192: 78–95

МОДЕЛИРОВАНИЕ ВОДНОГО ЦИКЛА РЕК БАССЕЙНА ВАСЮГАНА

Копысов С.Г., Елисеев А.О., Жарких А.А.

Институт мониторинга климатических и экологических систем СО
РАН, Томск
wosypok@mail.ru

Цель исследования: моделирование многолетнего хода элементов водного баланса заболоченных водосборов для выявления их динамики. Для достижения цели в среднемноголетнем разрезе будет применяться метод гидролого-климатических расчётов (ГКР) реализованный на ландшафтной основе с помощью общедоступной ГИС SAGA. Элементы водного



баланса также будут рассчитаны в суточном разрешении с 30-х годов прошлого века в программе NBV-licht. Это даст нам возможность посмотреть динамику средневзвешенного по расчётным водосборам элементов водного баланса. Метод ГКР в многолетнем разрезе будет применен для 4 метеостанции и будет характеризовать элементы водного цикла контрастных ландшафтов: дренированная грива, лесоболотный экотон, низинное болото и верховое болото.

РОСТ СФАГНОВЫХ МХОВ НА БОЛОТАХ ЮЖНОЙ ТАЙГИ
ЗАПАДНОЙ СИБИРИ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ
ГИДРОТЕРМИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ ВЕГЕТАЦИОННОГО
СЕЗОНА

Коронатова Н.Г.

ФГБУН Институт почвоведения и агрохимии СО РАН,
Новосибирск
coronat@mail.ru

Определение продукции сфагновых мхов, которые являются основными продуцентами, эдификаторами и торфообразователями на верховых болотах, а также выявление роли метеорологических факторов, которые влияют на продукционные параметры мхов, является актуальной задачей в рамках проблемы изучения цикла углерода. Ключевым фактором роста мхов в широком географическом охвате считают температуру [Gunnarsson, 2005] и фотосинтетически активную радиацию [Loisel et al., 2012]. В локальных условиях самый сильный фактор, определяющий продуктивность мхов, – доступность воды [Asada et al., 2003; Beckéus, 1988; Bengtsson et al., 2016; Grabovik, 1994; Грабовик, 2002; Максимов 1982; Waddington et al., 2015]. Рост мхов неравномерен по годам [Максимов, 1982; Beckéus, 1988; Grabovik, 1994] и в течение вегетационного сезона [Hájek, 2009; Косых и др., 2017; Kosykh et al., 2017; Максимов 1982] в связи с изменением погодных условий. Целью работы было оценить продукционные

характеристики сфагновых мхов и установить влияние на них гидротермических факторов вегетационного сезона.

Полевые работы проводили на Бакчарском болоте, которое расположено в подзоне южной тайги Западной Сибири (56°51' с.ш., 82°51' в.д.). Учётные площадки заложены в сосново-кустарничково-сфагновом верховом болоте (ряме) и осоково-сфагновой топи. Прирост мхов *Sphagnum fuscum*, *S. angustifolium*, *S. magellanicum* измеряли метками-«ёршиками» [Rydin, Jeglum, 2013], а прирост мочажинного мха *S. fallax* - методом индивидуальных меток [Kosykh et al., 2008; Kosykh, Koronatova, 2018]. Для определения числа капитул и веса прироста отбирали моновидовые образцы сфагнового ковра площадью 16,6 см² в 3-4-кратной повторности. Полевые работы проводили в течение семи лет (2013-2019 гг.) в сентябре-октябре. Для поиска зависимостей привлекали метеорологические данные станции Бакчар. Использовали показатели «средняя температура воздуха», «сумма температур», «осадки», «число дождливых дней», а также рассчитывали климатический индекс, предложенный Asada et al. [2003].

В результате исследования установлено, что средний многолетний прирост возрастал в ряду *S. fuscum* - *S. magellanicum* - *S. angustifolium* - *S. fallax*. Разница в величине линейного прироста одних и тех же видов ряма между годами достигала 2.8-2.9 раз, кроме *S. fuscum*, который сохранял наибольшую стабильность в течение периода наблюдений: у него разница между приростами не превысила 1.3 раза. Межгодовая разница прироста *S. fallax* составила 1.8 раза. Среднее многолетнее число капитул на единице площади снижалось в ряду *S. fuscum* - *S. angustifolium* + *S. magellanicum* - *S. fallax*. Число капитул значимо различалось между годами. Средний многолетний вес капитулы был минимален у *S. fuscum* и максимален у *S. fallax*. Многолетняя чистая первичная продукция (АНП) мхов составила 260±9, 207±17, 165±20 и 473±9 г/м² в год у *S. fuscum*, *S. magellanicum*, *S. angustifolium* и *S. fallax*, соответственно. У доминирующих видов *S. fuscum* и *S. fallax* межгодовая разница АНП была 1.8-1.9 раза, а у *S. angustifolium* и *S. magellanicum* возросла до 2.5 и 5.4 раза, соответственно.



Установлено, что основными факторами, влияющими на линейный прирост, вес прироста и число капитул видов кочек *S. fuscum*, *S. angustifolium*, *S. magellanicum*, являются условия увлажнения (осадки, число дождливых дней) и климатический индекс; температурные показатели были менее значимы. Для мочажинного мха *S. fallax* температурные показатели имели решающее значение для линейного прироста; зависимость веса прироста и числа капитул этого вида от гидротермических условий вегетационного сезона не установлена.

Литература

Грабовик С.И. Динамика годовичного прироста у некоторых видов *Sphagnum* L. в различных комплексах болот южной Карелии // Растительные ресурсы. – 2002. – Т. 38, вып. 4. – С. 62-68.

Косых, Коронатова Н.Г., Лапшина Е.Д., Филиппова Н.В., Вишнякова Е.К., Степанова В.А. Линейный прирост и продукция сфагновых мхов в средней тайге Западной Сибири // Динамика окружающей среды и глобальное изменение климата. – 2017. – Т. 8, № 1 (15). – С. 3-13.

Максимов А.И. К вопросу о приросте сфагновых мхов. В кн.: Комплексные исследования растительности болот Карелии. – Петрозаводск, 1982. – С. 170-179.

Asada T., Warner B.G., Banner A. Growth of mosses in relation to climate factors in a hypermaritime coastal peatland in British Columbia, Canada // The Bryologist. – 2003. – V. 106(4). – P. 516–527.

Beckéus I. Weather variables as predictors of *Sphagnum* growth on a bog // Holarctic Ecology. – 1988. – V. 11. – P. 146–150.

Bengtsson F., Granath G., Rydin H. Photosynthesis, growth, and decay traits in *Sphagnum* – a multispecies comparison // Ecology and Evolution. – 2016. – doi: 10.1002/ece3.2119

Grabovik S. The effect of climatic conditions on the linear increment of *Sphagnum* mosses in Southern Karelia // Botanicheskiy Zhurnal. – 1994. – V. 79 (4). – P. 81-86.

Gunnarsson U. Global patterns of *Sphagnum* productivity // Journal of Bryology. – 2005. – V. 27. – P. 269–279. doi: 10.1179/174328205X70029

Hájek T. Habitat and species controls on *Sphagnum* production and decomposition in a mountain raised bog // Boreal Environmental Research. – 2009. – V. 14. P. 947–958.

Kosykh N.P., Koronatova N.G., Naumova N.B., Titlyanova A.A. Above- and below-ground phytomass and net primary production in boreal mire ecosystems of Western Siberia // Wetland Ecology and Management. – 2008. – V. 16. – P. 139–153. doi: 10.1007/s11273-007-9061-7

Kosykh N.P., Koronatova N.G., Granath G. Effect of temperature and precipitation on length increment of *Sphagnum fuscum* and *S. magellanicum* in Western Siberia // Russian Journal of Ecology. – 2017. – V. 48(3). – P. 173–181. doi: [10.1134/S1067413617030080](https://doi.org/10.1134/S1067413617030080)

Kosykh N.P., Koronatova N.G. Linear increment, density and net primary production of *Sphagnum* cover in Western Siberian mires. In: Mosses: Ecology, Life Cycle and Significance / Oleg S. Pokrovsky, Irina Volkova, Natalia Kosykh and Vladimir Shevchenko (Eds.). – New York: Nova Science Publishers, Inc., 2018. – P. 191–215.

Loisel J., Gallego-Sala A.V., Yu Z. Global-scale pattern of peatland *Sphagnum* growth driven by photosynthetically active radiation and growing season length // Biogeoscience. – 2012. – V. 9. – P. 2737–2746. doi: 10.5194/bg-9-2737-2012

Rydin H., Jeglum J.K. 2013. The biology of *Sphagnum*. Oxford University Press, Oxford, 2013. 382 pp.

Waddington J.M., Morris P.J., Kettridge N., Granath G., Thompson D.K., Moore P.A. Hydrological feedbacks in northern peatlands // Ecohydrology. – 2015. – V. 8. – P. 113–127. doi: 10.1002/eco.1493



БИОЛОГИЧЕСКАЯ ПРОДУКТИВНОСТЬ БОЛОТ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

Косых Н.П.

ФГБУН Институт почвоведения и агрохимии СО РАН,
Новосибирск
npkosykh@mail.ru

В течение последних десятилетий проводили работу по определению биологической продуктивности на болотах Западной Сибири. На 29 контрольных участках разных болотных массивов дана количественная характеристика биологической продуктивности растительности болотных экосистем с применением единой методики. Анализ полученных результатов о продуктивности болотных экосистем по широтному градиенту поможет прогнозировать оценку накопления углерода в связи с климатическими изменениями.

Полевые работы на ключевых участках проводили каждый месяц в течение вегетационного сезона или один раз в конце сезона (Kosykh et al., 2008). На каждом ключевом участке во всех выявленных болотных экосистемах отбирали от 3 до 10 проб до глубины 30 см от поверхности мха. Определяли следующие параметры экосистемы: запасы живой и мертвой фитомассы - надземной и подземной, т.е. находящейся в торфе ниже его поверхности. В запасы биомассы входят фракция фитомассы и мортмассы, которые измеряются в $г/м^2$. Чистая первичная продукция разделена на надземную, в которую входят лишайники, мхи, кустарнички, травы и подземную, которая формируется из корней и корневищ трав и кустарничков, измеряется в $г/м^2$ в год. На болотных массивах выделяются болотные экосистемы в зависимости от фитоценоза (Васильев и др., 2003). Изучали сосново-кустарничково-сфагновые рямы, гряды в ГМК, осоково-сфагновые мочажины, мезотрофные топи и евтрофные болота, которые на одном болотном массиве располагаются рядом, но имеют разные запасы и продукцию.

СЕКЦИЯ 1. ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ

В результате исследования установлено, что запасы биомассы экосистемы зависят от широты и микротопографии. Запасы биомассы увеличиваются с юга на север, с увеличением доли мортмассы. Запасы мортмассы преобладают во всех болотных экосистемах. В плоскобугристых болотах запасы мортмассы и торфа максимальны. Запасы фитомассы – величина очень динамичная и зависит от гидротермических условий года исследования, срока отбора и растительности. Наибольший вклад в запасы фитомассы вносят подземные органы трав и кустарничков, около 50-60 %, запасы мхов и лишайников составляют около 30-40 % и надземная фитомасса трав и кустарничков – 5-10 %. Запасы фитомассы минимальны в более бедных фитоценозах, таких как олиготрофные мочажины в ГМК. Евтрофные травяные болота (осоковые, тростниковые) являются высокопродуктивными экосистемами (5900 г/м² год) и имеют высокие запасы фитомассы (6100 г/м²). Мезотрофные топи также имеют высокие запасы живой фитомассы (1500-3500 г/м²) и продукции (1200-2500 г/м² в год) и намного превышают запасы и чистую первичную продукцию рямов. Сосново-кустарничково-сфагновые рямы имеют низкие запасы фитомассы (1200-3000 г/м²) и низкую продукцию (250-800 г/м² в год). Максимум продукции формируется в евтрофном болоте лесостепи и минимум – на буграх в лесотундре и тундре. Продукция уменьшается в ряду: евтрофные болота, мезотрофная топь, рям, гряда, олиготрофная мочажина, мерзлотный бугор. Продукция одних и тех же экосистем увеличивается с севера на юг Западной Сибири.



ЕСТЕСТВЕННЫЕ РАДИОИЗОТОПЫ И ТЕХНОГЕННЫЙ ^{137}Cs В
ВЕРТИКАЛЬНОМ ПРОФИЛЕ ШЕРСТОБИТОВСКОГО
ВЕРХОВОГО ТОРФЯНИКА ЛЕСОСТЕПНОЙ ЗОНЫ ЗАПАДНОЙ
СИБИРИ

**Леонова Г.А., Мельгунов М.С., Мезина К.А., Мальцев А.Е.,
Прейс Ю.И., Кривоногов С.К.**

ФГБУН Институт геологии и минералогии им. В.С. Соболева СО
РАН, Новосибирск
leonova@igm.nsc.ru

Целью данной работы явилось изучение атмосферного поступления ^7Be , ^{210}Pb и ^{137}Cs на поверхность Шерстобитовского верхового болота (ряма) и распределения в вертикальном профиле торфяника естественных радиоизотопов (^{238}U , ^{210}Pb , ^{226}Ra , ^{40}K) и техногенного радионуклида ^{137}Cs . Шерстобитовский рям находится в Барабинской лесостепи в Чулымском районе Новосибирской области ($55^{\circ}18'40''$ с.ш., $79^{\circ}42'25''$ в.д.). Пробоотборочным буром БТГ-1 в сентябре 2017 г. получен керн торфа с ненарушенной стратификацией длиной 40 см, состоящий из верховых торфов. Верхний слой до глубины 25 см образован в основном остатками сфагновых мхов (*S. magellanicum* и *S. angustifolium*), слой 25-35 см – сосново-сфагновым торфом (остатки сосны составляют 30 %), слой 35-40 см – сосновым торфом. В марте 2018 г. отобраны представительные пробы снега для определения удельной активности ^7Be , ^{210}Pb и ^{137}Cs во взвешенном веществе снеготалой воды и оценки плотности выпадения радиоизотопов на поверхность болота в точках отбора снега. Удельные активности $^{210}\text{Pb}_{\text{атм}}$, ^7Be и ^{137}Cs в снеготалой воде с учетом вклада всех гранулометрических фракций взвешенного вещества для образцов снега составляют 345, 505 и 5,8 мБк/л соответственно. Расчетные величины плотностей выпадения $^{210}\text{Pb}_{\text{атм}}$ и ^7Be на Шерстобитовском болоте равны 36,9 Бк/м² и 53,9 Бк/м² соответственно. Низкие по сравнению с $^{210}\text{Pb}_{\text{атм}}$ и ^7Be удельные активности ^{137}Cs во взвешенном веществе снеготалых вод (5,8 мБк/л) свидетельствует о

незначительном современном поступлении этого техногенного радионуклида из атмосферы на поверхность исследуемого яряма.

Для датирования верхних горизонтов омбротрофного Шерстобитовского торфяника была использована модель (CRS — ConstantRate of Supply) постоянного потока неравновесного атмосферного ^{210}Pb (Pbex), согласно (Appleby, Oldfield, 1978). Оценка возраста по модели CRS позволила авторам установить факт перераспределения ^{137}Cs и ^{40}K со смещением к верхним горизонтам. Так, на глубинах 4-10 см наблюдаются пики активностей этих радионуклидов, достигающие в максимуме 169 Бк/кг для ^{137}Cs и 114 Бк/кг для ^{40}K при «фоновых» значениях 17-54 и <25 Бк/кг, соответственно. Такое перераспределение можно связать с тремя процессами.

1). Сезонным колебанием уровня болотных вод (УБВ), приводящему весной к поднятию УБВ до 8-10 см от поверхности, что соответствует верхнему пику ^{137}Cs .

2). Подтягиванием болотных вод корнями растений из нижезалегающих горизонтов засушливый период при возрастании транспирации воды и активный перенос корнями растений наряду с биофильным ^{40}K и его геохимического аналога — ^{137}Cs .

3) Дополнительным поступлением ^{137}Cs , вовлеченного в атмосферу в результате торфяных и лесных пожаров. На глубинах 20-30 см наблюдается второй пик активности ^{137}Cs и ^{40}K , по временной шкале совпадающий с периодом проведения открытых ядерных испытаний на Семипалатинском полигоне (1949-1963 гг.).

Для исследованной залежи Шерстобитовского торфяника наблюдается нарушение радиоактивного равновесия между ^{238}U и ^{226}Ra . Активность ^{226}Ra по разрезу Шерстобитовского торфяника меняется в узком интервале от 15 до 25 Бк/кг при среднем значении 20 Бк/кг. Активность ^{238}U значительно ниже, что говорит о существенном нарушении радиоактивного равновесия между ураном и радием в пользу последнего. По глубине изученного разреза $^{226}\text{Ra}/^{238}\text{U}$ отношение имеет значения больше единицы, варьируя в пределах от 1,3 в горизонте 0-2 см до 11,2 (18-20 см). Такие же величины $^{226}\text{Ra}/^{238}\text{U}$ отношений характерны и для основных компонентов биогеоценоза, формирующего торфяную



залежь: сфагновый мох – 1,9, лист березы →10, лист брусники – 14,7.

Работа выполнена в ЦКП многоэлементных и изотопных исследований ИГМ СО РАН по государственному заданию ИГМ СО РАН при финансовой поддержке проектов РФФИ № 21-55-53037 ГФЕН_а и 17-45-540063р_а.

ГИДРОХИМИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ЛЬДА ТОРФЯНОЙ ЗАЛЕЖИ МНОГОЛЕТНЕМЕРЗЛОТНЫХ БОЛОТ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

Лим А.Г., Лойко С.В., Кузьмина Д.М., Крицков И.В.

Томский государственный университет, Томск
lim_artiom@mail.ru

Изменение климата и таяние вечной мерзлоты является одним из центральных вопросов исследований. На территории Западно-Сибирской равнины широко распространены многолетнемерзлые торфяники, притягивающие к себе внимание среди ученых. Однако, большинство накопленных знаний посвящено изучению твердой фазе – торфам. Жидкая фаза остается изучена в меньшей степени, хотя является наиболее мобильной и быстро реагирующей к изменениям внешних факторов. О свойствах и химическом составе многолетнемерзлой толщи (ММТ) торфяников, содержащей большое количество углерода и многих других элементов практически ничего неизвестно. На данный момент возможно лишь прогнозирование влияния изменения климата, но нет оценки последствия таяния мерзлоты.

Для заполнения пробела в этой области нами был изучен химический состав, свойства и оценены запасы элементов в поровой воде сезонно-талого слоя (СТС) и в торфяном льду ММТ в торфяных ядрах болот Западной Сибири. Территория исследования простирается по градиенту с юга на север и включает в себя спорадическую (северная тайга), прерывистую (лесотундра) и непрерывную (южная тундра) зоны мерзлоты. В результате исследования, было выявлено, что концентрации растворенного

органического углерода (РОУ), многих макро- и микроэлементов (Ca, Mg, Sr, Ba, Li, Rb, Cs, Al, Fe, Mn, Zn, Ni, Co, V, As, Y, Zr, Hf, U) были значительно выше ММП, чем в СТС. Также наблюдаются существенные различия качественного состава растворенного органического вещества (РОВ) поровых вод СТС и торфяного льда ММТ. Более ароматичный состав РОВ характерен для СТС, что обусловлено биодеструкцией лабильных соединений РОВ. В мерзлом слое наоборот наблюдается более алифатический состав, представленный низкомолекулярными соединениями. Стоит отметить характерную особенность профильного распределения концентраций элементов. В большинстве торфяных кернов наблюдался локальный максимум концентраций элементов. Различия в содержании РОУ, P, Ca, Mg, Mn, Fe, Sr, As достигали значений 14–58 раз больше чем в СТС. Расположение этого максимума, пика аккумуляции элементов, наблюдалось на глубине ниже границы СТС на 30–50 см. Его образование вероятно связано с концентрированием растворенного вещества во время ежегодного цикла оттаивания-промерзания. Наблюдалась значительная корреляция между РОУ, Al, Fe, что свидетельствует о влиянии органических комплексов и органоминеральных (Al, Fe) коллоидов на миграцию элементов по профилю торфа.

Запасы углерода и многих элементов в торфяном льду выше в 3–55 раз, чем запас этих элементов в поровых водах СТС. В результате таяния ММТ будет происходить высвобождение элементов, которые способны мигрировать поверхностным стоком посредством в гидрографическую сеть. По нашим оценкам на территории Западной Сибири при таянии первого метра ММТ может мобилизоваться 58 ± 38 Тг РОУ. В сравнении с текущим показателем это удвоит ежегодный сток РОУ. Также, увеличение стока может произойти для таких элементов как Zn, P, Cs, Fe, Ni, Co, Ba, Mo, Rb, Cd, As, Al в 1,5-2 раза.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 19-29-05209_мк.



ОСОБЕННОСТИ ЗАБОЛАЧИВАНИЯ КОТЛОВИН
ДРЕНИРОВАННЫХ ТЕРМОКАРСТОВЫХ ОЗЕР
КРИОЛИТОЗОНЫ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

**Лойко С.В., Лим А.Г., Кузьмина Д.М., Климова Н.В., Крицков
И.В.**

Томский государственный университет, Томск
s.loyko@yandex.ru

Получены первые результаты оценки зональных различий в особенностях протекания биогеохимических процессов и заболачивания в пределах интразональных ландшафтов дренированных котловин термокарстовых озёр (хасыреи). Исследования проводились на трех ключевых участках, в типичной тундре, в южной тундре и северной тайге. Выполнена оценка скоростей олиготрофизации высокопродуктивных экосистем в зависимости от широты, ландшафтных условий, стартовых характеристик субстратов (седименты) на момент начала первичной сукцессии. Драйвером первичной сукцессии экосистем хасыреев является накопление торфа в котловинах. Накапливающийся торф, со временем, приводит к отрыву корневых систем от плодородного седимента, что способствует внедрению в экосистему сфагновых мхов, следовательно, олиготрофизации и заболачиванию. Внедрение сфагнумов начинается после накопления слоя травяного торфа, приводящего к снижению проективного покрытия травостоя. Наиболее быстро этот процесс протекает в типичной тундре, начинаясь уже в первое десятилетие с наиболее сухих и плоских участков. В северной тайге и южной тундре процесс более растянут, начинается также с плоских участков без весеннего затопления, но при условии приповерхностного залегания верховодки. Однако как в северной тайге, так и в тундре, в пределах одной котловины могут сосуществовать экосистемы средних и поздних сукцессионных этапов на протяжении столетия и более. В типичной же тундре зафиксированы случаи полной олиготрофизации котловины за 15-

20 лет. Для каждого ключевого участка была обнаружена и локальная специфика первичной сукцессии:

(1) в типичной тундре из-за низких абсолютных высот часть хасыреев, после прорыва озёр, испытывает влияние приливно-отливных явлений, отчего, в месте их влияния, сукцессия останавливается на травяном этапе;

(2) в южной тундре зафиксирован контрастный растительный покров, что связано со сложным микрорельефом, вызванным благоприятными условиями для формирования бугров пучения;

(3) в северной тайге обнаружено активной нарастание сплавнины, нетипичное для недренированных озёр, пусковым механизмом чего служит частичный дренаж. Скорости прироста мощности торфяной залежи в хасыреях намного превышают таковые в фоновых мерзлых болотах.

Исследование выполнено при поддержке Российского научного фонда (грант № 18-77-10045).

ГИДРОХИМИЧЕСКИЕ И МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ЭКОСИСТЕМ ВЕРХОВЫХ БОЛОТ ВОСТОЧНОГО ПРИБАЙКАЛЬЯ

**Мальцев А.Е., Леонова Г.А., Бобров В.А., Шавекин А.С.,
Восель Ю.С.**

ФГБУН Институт геологии и минералогии им. В.С. Соболева СО
РАН, Новосибирск
maltsev@igm.nsc.ru

Объектом исследования стали голоценовые разрезы верховых болот Выдрино (51°29,664' с.ш. и 104°52,798' в.д.) и Дулиха (51°31,721' с.ш. 105°00,449' в.д.). Мощность вскрытых торфяных залежей болот Выдрино и Дулиха составила 4,4 и 5,4 м, а возраст оценивается в 11,3 и 11,1 тыс. л. (¹⁴C) соответственно. Так как в водном балансе исследованных торфяников решающее значение имеют атмосферные осадки, то болотные воды имеют довольно низкую минерализацию (19,5–57,9 мг/л), которая возрастает вниз по разрезу, что является отражением преобразования



органического и минерального вещества торфа в диагенезе. Болотные воды характеризуются преобладанием среди анионных компонентов хлора, высоким содержанием растворенных органических веществ и низким значением pH (4,8–5,7).

Анализ форм пирограмм (спектров продуктов пиролиза) показывает, что с глубиной ОБ торфяника теряет лабильные компоненты, представленные низкотемпературными пиками S_1 , которые отмечаются в верхних интервалах. В подстиляющих торф отложениях присутствуют уже высокотемпературные пики S_2 , характерные для керогена (макромолекулярных алифатических структур), что говорит о глубокой трансформации ОБ. Это свидетельствует о том, что здесь присутствует зрелое ОБ уже прошедшее ряд преобразований в диагенезе.

В процессе диагенеза, при непосредственном участии микроорганизмов, происходит трансформация химического состава болотных вод. С глубиной в них отмечается рост продуктов минерализации ОБ, болотные воды обогащаются (C, N, P)_{орг}, рядом элементов с переменной валентностью (Fe, Mn) и теряют ионы SO_4^{2-} , которые расходуются в процессе бактериальной сульфатредукции. Так, для Выдринского торфяника значения растворенного углерода (C_{орг}) возрастают с 27,6 до 48,4 мг/л на фоне увеличения численности гетеротрофных микроорганизмов. Отмечается рост с глубиной восстановленных форм Fe, Mn, Cu, Zn. Снижение концентраций SO_4^{2-} уже в верхних интервалах торфа является отражением процессов бактериальной сульфатредукции. Сера сульфатов, восстанавливаясь, связывается в структурах органического вещества в форме сульфидных групп (SH), поэтому, даже на фоне довольно высоких (1–6 мг/л) содержаний в болотных водах растворенного железа образование аутигенных сульфидов Fe не происходит. Однако, в нижних интервалах (360–440 см) торфа с аномально высокими концентрациями Cu, Zn установлены сульфиды Cu с примесью Zn размером до 3 мкм. При участии сульфатредуцирующих бактерий (СРБ) и присутствия в болотных водах подвижных форм Zn^{2+} и Cu^{2+} становится возможным образование сульфидных минералов. Известно, что СРБ рода *Desulfovibrio* способны при наличии в субстрате Cu^{2+} образовывать

сульфиды меди: ковеллин, халькоцит. Образование аутигенных сульфидных минералов маркирует падение содержаний Cu, Zn и SO_4^{2-} в болотных водах торфяника.

В верховом болоте Дулиха в подстилающих торфяник глинах (510–520 см) были обнаружены следы сульфидов железа, представленного пиритом. По-видимому, присутствие преобразованного в диагенезе ОВ и более низкие его содержания в подстилающих отложения благоприятны для образования здесь сульфидов Fe.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 19-05-00403 А

СЕЗОННАЯ ДИНАМИКА ЭМИССИИ CO_2 С ПОВЕРХНОСТИ ВЕРХОВОГО БОЛОТА ЦЕНТРАЛЬНОЙ СИБИРИ

Махныкина А.В.^{1,2}, Полосухина Д.А.^{1,2}, Прокушкин А.С.^{1,2}

¹ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет», Красноярск

² Институт леса им. В.Н. Сукачева, ФИЦ «КНЦ СО РАН»,

Красноярск

amakhnykina@sfu-kras.ru

Болотные экосистемы северных регионов, обладая низкой продуктивностью, могут накапливать большие количества углерода ввиду низкой скорости разложения и дыхания (Prestonetal., 2012; Gilletal., 2017). Однако ожидается, что изменения климата (IPCC, 2013) приведут к интенсификации ассимиляционной (Holmgrenetal., 2015; McPartlandetal., 2019) и дыхательной активности.

В нашем исследовании рассмотрена сезонная динамика эмиссии CO_2 с поверхности верхового болота (ряма), расположенного в Туруханском районе Красноярского края (Обсерватория ZOTTO, 60°04' с. ш., 89°23' в. д.). Микрорельеф болотного массива на 90 % образован мощными сфагновыми грядами и буграми из сфагнума бурого и лишь 10 % поверхности занимают слабо обводненные мочажины и межкочечные понижения. Древесный ярус гряд представлен сосной



обыкновенной болотной формы *Pinus sylvestris* f. *litwinowii*. Доля сухостоя составляет 10–15 %. На положительных формах микрорельефа развит кустарничковый ярус, общее проективное покрытие которым составляет 40–50 %. Травяной покров мочажин сильно изрежен, степень проективного покрытия не превышает 20–30 % и представлен осоково-сфагновым фитоценозом. Моховой покров мочажин рыхлый, на 100 % образован супергидрофильными сфагновыми мхами (Карпенко, Прокушкин, 2018).

Изучение почвенной эмиссии осуществлялись в течение трех сезонов (2018–2020 гг.) на различных по высоте участках болотного массива – грядах и мочажинах. Измерения почвенной эмиссии проводились с использованием инфракрасного газоанализатора LI-8100A (Li-corInc., Lincoln, США). Замеры температуры проводились на трех глубинах – 5, 10 и 15 см от поверхности с помощью почвенного температурного датчика SoilTemperatureProbeTypeE (Omega, США). Для измерения объемной влажности SWC (5 см от поверхности) использовался влагомер ThetaProbeModel ML (Delta T DevicesLtd., Великобритания). Уровень болотных вод измерялся в течение всего безморозного период с использованием НОВО WaterlevelloggerU20L-04 (Onset, США).

Максимальные эмиссионные потоки CO₂ на исследованном болотном массиве отмечены в первой половине августа, а самые низкие – с середины сентября. Сезон 2018 года характеризовался наименьшими значениями эмиссии CO₂– 2.23 ± 1.40 мкмоль CO₂ м⁻² с⁻¹ и суммой осадков (161 мм), которая была ниже среднееголетних значений на 27% (метеостанция Ворогово, <http://www.rp5.ru>). В 2019 году потоки CO₂ с поверхности болота были существенно выше, в среднем за сезон составляя 4.17 ± 4.55 мкмоль CO₂ м⁻² с⁻¹. При этом количество осадков (302 мм) за сезон превышало среднееголетнюю норму осадков на 36%. В 2020 году также при значительном количестве осадков (303 мм) средний поток CO₂ с поверхности болота составил 2.99 ± 2.06 мкмоль CO₂ м⁻² с⁻¹. Для всех сезонов наблюдений потоки CO₂ на грядах превышали мочажины на более чем 60% ($p < 0.05$).

Зависимости эмиссионного потока CO_2 от уровня болотных вод (УБВ) характеризуются различиями между грядами и мочажинами: для первых выявлена средняя отрицательная корреляция с уровнем воды ($r = -0.42, p < 0.05$); для мочажин же напротив – слабая положительная корреляция ($r = 0.36, p < 0.05$).

Таким образом, основываясь на результатах проведенных измерений можно заключить, что эмиссионный поток с поверхности верхового болота в течение бесснежного периода зависит не только от условий увлажнения конкретного сезона, но и рассматриваемого участка болотного массива: эмиссия CO_2 из локальных повышений микрорельефа – гряд значительно выше, чем из более обводнённых участков – мочажин. При этом их отклик на условия увлажнения характеризуется разной направленностью.

ПРИРОДНЫЕ И НАРУШЕННЫЕ ЭКОСИСТЕМ ПРИОБСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Мещерякова А.В.¹, Каверин А.А.¹, Заров Е.А.¹, Филиппов И.В.^{1,3}, Сабреков А.Ф.^{1,3}, Дюкарев Е.А.^{1,2}, Минаева Т.Ю.^{1,3,5}, Лапшина Е.Д.¹

¹Югорский государственный университет, Ханты-Мансийск

²Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН, Томск

³Институт Лесоведения РАН, Московская обл., с. Успенское

⁴Институт проблем экологии и эволюции имени А.Н. Северцова, Москва

⁵Wetlands International
meshAV@list.ru

Заболоченность Западной Сибири является феноменом глобального масштаба, по причине обильного распространения болот, колоссальных запасов углерода в торфе (1) и влияния на климат планеты посредством эмиссии парниковых газов (2). При этом территория Западной Сибири является объектом активной добычи полезных ископаемых – нефти и газа. Таким образом,



естественные экосистемы находятся под постоянно растущим антропогенным воздействием, связанным с развитием нефтегазодобывающей инфраструктуры. Дополнительный негативный эффект оказывают аварии, вызванные изношенностью части инфраструктуры, несоблюдением стандартов строительства, чрезвычайными ситуациями и пр.

Летом 2021 года нами была исследована территория Приобского месторождения, расположенного в пойме реки Обь (~ в 60 км от г. Ханты-Мансийск). Целью работы была оценка разнообразия и антропогенной нарушенности экосистем территории месторождения и изучение особенностей их функционирования.

Первый этап работ состоял в подготовке космической съемки на район исследования для целей дешифрирования основных типов экосистем и их нарушений (рис. 1). Для этого были подготовлены безоблачные мозаики космической съемки спутника Sentinel-2. В ходе анализа космической съемки были выявлены 13 типов экосистем (табл. 1) и 9 типов наиболее распространенных нарушений. В итоге территория разбита на 3 основных ландшафтных элемента: пойма, терраса и водораздел. В пределах каждого элемента были выделены доминирующие типы экосистем, а для каждой экосистемы характерные для нее типы нарушений. Подготовлены картографические материалы - линейные нарушения (различные типы дорог, трубопроводы, ЛЭП) и площадные нарушения (песчаные отсыпки кустовых площадок, рубки, гари) оцифрованы вручную. Типы ландшафтов были классифицированы с использованием автоматизированных методов машинного обучения (Random Forest и сверточной нейронной сети и интеллектуального алгоритма SMAP).

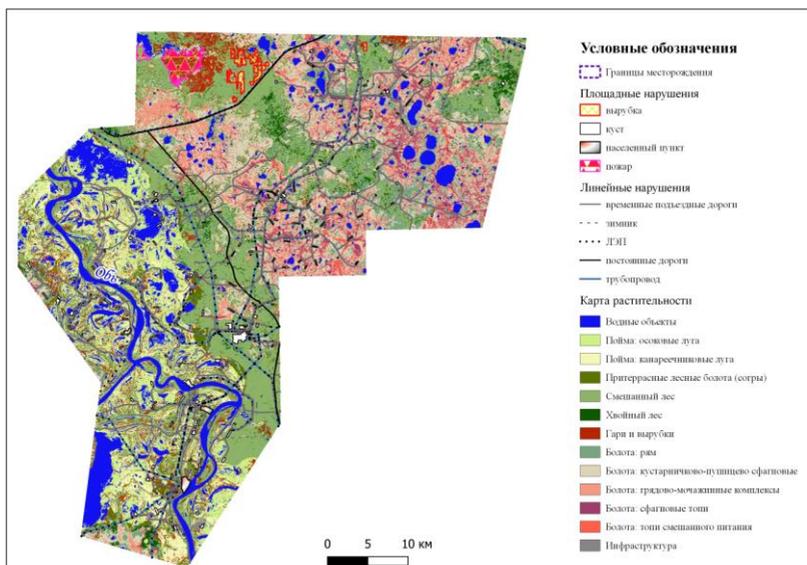


Рисунок 1. Карта распространения естественных и нарушенных экосистем территории Приобского месторождения

Второй этап состоял в базовой оценке экосистем методом индикации параметров. Объектам была дана физико-географическая и ботаническая характеристика, а также описана пространственная структура:

- ландшафтная и физикогеографическая привязка (водораздел, терраса, пойма, и т.д, тип болотного массива или тип иного ландшафтного участка);
- тип микроландшафта (лаг, высокий рям, низкий рям, гмк, топь и пр);
- очерк растительности (наличие древостоя, аспект, доминанты ярусов, выраженность пространственной структуры);
- тип нанотопа (высокая кочка, низкая кочка, ровно, западина и пр).

**ТОРФЯНЫЕ БОЛОТА СИБИРИ:
ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ, РЕСУРСЫ, ВОССТАНОВЛЕНИЕ**



Таблица 1. Типы экосистем Приобского месторождения

Код	Элемент ландшафта	Название типа экосистемы	Описание	Площадь	
				га	%
1		Водные объекты	Открытая поверхность воды: озера, реки	1079,96	6,69
2	Пойма	Пойма: осоковые луга	Осоковые пойменные луга с осокой водяной и осокой кочкарной	889,21	5,51
3	Пойма	Пойма: канареечниковые луга	Средний уровень поймы с канареечниковыми лугами	829,25	5,14
4	Пойма	Приграссные лесные болота (согры)	Нижний уровень террасы с преобладанием минеротрофных березово-типновых болот	2976,54	18,44
5	Терраса	Смешанный лес	Различные сукцессионные стадии лесов с преобладанием в первом ярусе лиственных (береза, осина) пород	1397,6	8,66
6	Терраса	Хвойный лес	Леса с доминированием в первом ярусе хвойных пород (Ель, пихта, кедр)	954,47	5,91
7	Терраса	Гари и вырубки	Гари и вырубки различных стадий восстановления	3942,54	24,42
8	Водораздел	Болота: рям	Соосново-кустарничково-сфагновое болото (рям)	811,11	5,02
9	Водораздел	Болота: кустарничково-пушицево-сфагновые	Кустарничково пушицево-сфагновые болота	986,44	6,11
10	Водораздел	Болота: грядово-мочажинные комплексы	Комплексы из рямовых гряд и шейхцериево-сфагновых болотных мочажин	512,97	3,18
11	Водораздел	Болота: сфагновые топи	Омбротрофные сфагновые топи	1183,53	7,33
12	Водораздел	Болота: смешанного питания	Мезотрофные и мезоолиготрофные вахтово-сфагновые топи	239,9	1,49
13		Инфраструктура	Элементы инфраструктуры (огоньки, дороги, участки с полностью отсутствующим травяным покровом)	341,15	2,11

Дополнительно были описаны мощность торфяной залежи и её стратиграфия, а также измерены температура, рН, электропроводность и уровень болотных вод.

В каждой точке измерялись потоки парниковых газов (метан и углекислый газ), отобраны образцы грунтовых/болотных вод для анализа содержания растворенного органического углерода и образцы почвы для оценки содержания углерода.

Таким образом, в ходе исследований будут выявлены особенности функционирования экосистем в естественном и нарушенном состояниях, их вклад в цикл углерода. На основании полученных данных будут сформулированы рекомендации по сокращению выбросов парниковых газов и повышению поглощающей способности естественных экосистем территории месторождения.

Литература

Sheng, Y., L.C. Smith, G.M. MacDonald, K.V. Kremenetski, K.E. Frey, A.A. Velichko, M. Lee, D.W. Beilman, et al. 2004. A high-resolution GIS-based inventory of the west Siberian peat carbon pool. *Global Biogeochemical Cycles* 18: GB3004. <https://doi.org/10.1029/2003GB002190>.

IPCC 2014 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 (Geneva: IPCC) p 151.

ПОТЕНЦИАЛ МЕТАНОТРОФНОЙ АКТИВНОСТИ И МИНЕРАЛИЗАЦИЯ ТОРФА ВЕРХОВОГО СФАГНОВОГО БОЛОТА ЛЕСОСТЕПНОЙ ЗОНЫ

Наумов А.В.

Институт почвоведения и агрохимии СО РАН, Новосибирск
a.naum@ngs.ru

Введение. Экологические проблемы, связанные с накоплением парниковых газов в атмосфере, вызвали широкий интерес к исследованиям торфяных болот как глобального источника/стока



углекислого газа и метана. Измерения потоков парниковых газов, выполненные за последние два десятка лет на западносибирских болотах разными группами ученых (с участием иностранных коллег), позволили оценить региональный вклад болотных экосистем в функционирование цикла метана.

На фоне многочисленных данных, верховые сфагновые болота Западной Сибири рассматриваются как слабый сезонный источник метана. Эта оценка вызывает сомнение в связи с высоким содержанием метана в газовой фазе торфяной залежи, мощность которой обычно составляет несколько метров. Такое расхождение может быть связано с несовершенством полевой методики измерения потока метана, рыхлым сложением верхового торфа, низким уровнем болотной воды. Этот вопрос нуждается в дополнительных исследованиях.

Цель нашей работы заключалась в оценке метанотрофной активности и скорости минерализации верхового сфагнового торфа в контролируемых условиях лабораторного эксперимента.

Методика эксперимента. Образцы торфа отбирали на верховом болоте в осенний период из верхнего 30 см слоя. Торф помещали в шприцы объемом 35 мл, которые перед началом эксперимента заполняли газовой смесью аргона с метаном. Образцы торфа экспонировали в замкнутом объеме с повышенным содержанием метана в газовой фазе в течение 18 дней при 4 °С. Начальная концентрация метана в газовой смеси составляла 18,37 об. %. Состав газовой фазы анализировали на хроматографе на 3-й, 7-й, 13-й и 18-й день с начала эксперимента. В составе газовой смеси оценивали содержание кислорода, углекислого газа и метана (Таблица).

Потенциал метанотрофной активности оценивали по изменению содержания метана в составе газовой фазы в ходе эксперимента. Скорость минерализации торфа рассчитывали по выделению углекислого газа.

Результаты. В течение всего эксперимента наблюдалось закономерное снижение концентрации кислорода и метана в газовой фазе. Содержание углекислого газа повышалось в изолированном от атмосферы внутреннем объеме шприцев на

СЕКЦИЯ 1. ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ

протяжении 308 часов с начала эксперимента за счет процессов минерализации торфа. Лишь на последнем этапе лабораторного опыта, при исчерпании доступного кислорода, наблюдалось снижение уровня CO_2 . Мы рассматриваем это снижение как результат активации хемоавтотрофных микроорганизмов в анаэробных условиях.

Таблица. Усредненные оценки содержания газов в ходе эксперимента (n = 30)

Экспозиция, ч	O_2 , об. %	CO_2 , об. %	CH_4 , об. %
72	3,35	2,84	11,73
166	2,49	5,51	10,42
308	0,30	5,90	8,77
428	0,12	5,32	7,56

Найдена линейная зависимость скорости поглощения метана от концентрации CH_4 в газовой фазе для образцов из верхнего слоя (очес) торфяной залежи (Рис.). Для торфа нижележащих горизонтов достоверной связи метанотрофной активности с содержанием метана в газовой среде не установлено.

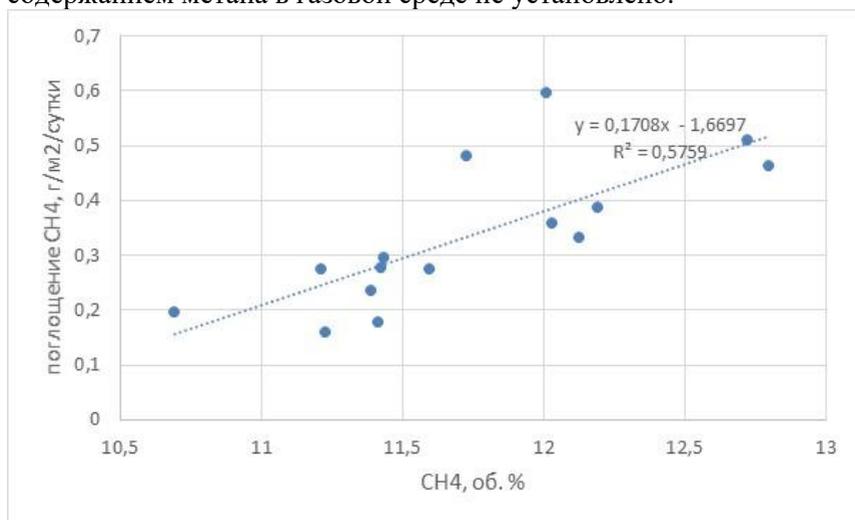


Рисунок. Зависимость метанотрофной активности сфагнового очеса от концентрации метана в газовой фазе



Потенциал метанотрофной активности верхнего 30 см слоя торфяной залежи значительно превосходит существующие оценки эмиссии метана с поверхности болотных экосистем Западной Сибири.

Скорость минерализации торфа в верхнем 30 см слое оценивалась величиной 2,0-2,4 г С/(м²·сутки). За сезон потери от минерализации торфа составят 400-480 г С/м². Эта оценка сопоставима с величинами чистой первичной продукции верховых болот.

ИЗМЕНЕНИЕ СТРУКТУРЫ МИКРОБНОГО СООБЩЕСТВА ВСЛЕДСТВИЕ ТАЯНИЯ МНОГОЛЕТНЕМЕРЗЛОТНОГО СЛОЯ ПЛОСКОБУГРИСТОГО ТОРФЯНИКА

**Никиткин В.А., Колесниченко Л.Г., Никиткина Э.Г., Пивоварова
А.В., Халиулина Е.Р., Варзарова Е.Ю., Луцаева И.В.**

Национальный исследовательский Томский государственный
университет, Томск
viktor_nikitkin@mail.ru

Повышение температуры многолетней мерзлоты, сопровождаемое таянием и высвобождением захороненного органического углерода, является одним из элементов сценария глобального потепления климата (IPCC, 2014). Изменения в структуре микробного сообщества почвы, вызванные таянием мерзлоты, до настоящего времени слабо изучены, однако они могут иметь значительные последствия для круговорота питательных веществ и связанных с этим экосистемных процессов.

Цель нашей работы – оценка изменений структуры микробного сообщества вследствие таяния многолетнемерзлого слоя, вызванного пожаром. Полевые работы проведены в августе 2018 года на территории Пуровского района Ямало-Ненецкого автономного округа в 30 км от п. Губкинский (Северо-Комсомольский ключевой участок). Подробно участок описан ранее (Kolesnichenko et. al., 2019).

На территории плоскобугристого торфяника были исследованы образцы трех разрезов, один из которых был заложен на участке в естественном состоянии (р. 2-18), а два других на участках слабо (р. 3-18) и сильно (р. 4-18) нарушенных пожаром, случившемся на участке в 2008 году. Активный слой разрезов 2-18 и 3-18 слоистый, сложен рыхлым рыжеватым сфагновым и более плотным светло-коричневым кустарничковым торфом. Граница многолетней мерзлоты отмечена на глубине 43-45 см, многолетнемерзлый слой этих разрезов состоит из древесного торфа. Лишайниковый очес разреза 4-18 был полностью уничтожен пожаром, что привело к тому, что мерзлота здесь полностью растаяла. Разрез с глубины 50 см сложен талым хорошо разложившимся древесным торфом.

Исследование эколого-трофических групп микроорганизмов проводили методами классической микробиологии: для оценки вклада микробного сообщества в цикл углерода и азота учитывали численность гумусоразрушающих, аммонифицирующих микроорганизмов, микроорганизмов, предпочитающих минеральные формы азота, а также олиготрофов и микроскопических грибов.

Установлено, что характер распределения исследованных эколого-трофических групп в разрезах различен. Зоной оптимума в нарушенных и слабо нарушенных мерзлотных торфяных почвах для большинства групп микроорганизмов оказался активный слой, причем максимальная активность микроорганизмов отмечена в горизонтах, сложенных хорошо разложившимся кустарничковым торфом. С глубиной численность микроорганизмов снижалась, достигая минимума в глубоких слоях мерзлого торфа. Исключение составляло распределение олигонитрофилов, максимальное количество которых отмечено в надмерзлотном и мерзлотном слоях. В верхних слоях талой торфяной почвы, нарушенной пожаром (р. 4-18), число микроорганизмов всех исследованных групп минимально, однако, вниз по профилю, наблюдается значительное увеличение их количества, при этом численность аммонификаторов и микромицетов здесь выше, чем в активном слое ненарушенной почвы. Полученные данные свидетельствуют о том, что таяние мерзлоты, вызванное пожаром, приводит к



значительному увеличению активности микроорганизмов, до недавнего времени находящихся в покое.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ (проекты № 20-34-90090-Аспиранты и № 18-05-60264- Арктика).

Литература

IPCC, 2014: 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 [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland. 151 p. www.ipcc.ch.

Kolesnichenko L.G., Vorobyev S.N., Kirpotin S. N., Kolesnichenko Y.Y., Manasypov R. M., Volkova I.I., Suslyayev V.I., Dorozhkin K.V., Sorotchinsky A.V., Pokrovsky O. S. Changes in the palsa landscapes components in the West Siberian northern taiga 10 years after wildfires //IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2019. Vol. 232. p. 012021-1-012021-8.

РАЗЛОЖЕНИЕ РАСТЕНИЙ-ТОРФООБРАЗОВАТЕЛЕЙ В ТОРФЯНЫХ ЗАЛЕЖАХ ОЛИГОТРОФНЫХ БОЛОТ ПОДВЕРЖЕННЫХ ОСУШЕНИЮ И ПИРОГЕННОМУ ВОЗДЕЙСТВИЮ

Никонова Л.Г., Головацкая Е.А.

Институт мониторинга климатических и экологических систем СО
РАН, Томск

lili112358@mail.ru, golovatskayaea@gmail.com

Исследования проводились на двух олиготрофных болотах «Васюганское» и «Иксинское», расположенных в Бакчарском районе Томской области. Пунктами исследований послужили четыре площадки – ненарушенный сосново-кустарничково-сфагновый фитоценоз (Естественный рям), сосново-кустарничково-сфагновый фитоценоз, расположенный около осушительного канала (Осушенный рям), сосново-кустарничково-сфагновый фитоценоз с хорошо выраженным подростом сосны (Восстановленный рям) и сосново-березово-пушицево-сфагновый

фитоценоз с менее выраженной степенью пирогенной сукцессии (Гарь 2). На каждом пункте наблюдений установлены автономные измерители профиля температуры – АИПТ (ИМКЭС СО РАН) оснащенные датчиками уровня болотных вод.

Исследовали скорость разложения растительного опада основных растений-торфообразователей: листья *Chamaedaphne calyculata* Moench., ветوشь *Eriophorum vaginatum* L. и очес *Sphagnum fuscum* Klinggr. Так же, подготавливался Смешанный образец, состоящий из *Sphagnum fuscum* (60%) и *Chamaedaphne calyculata* (40 %). Для определения скорости разложения применялся метод закладки растительных остатков в торф. Растительный материал закладывали в торфяную залежь в октябре 2018 года, на глубину 10 см от поверхности в трехкратной повторности. Образцы извлекали через 12 и 24 месяца после начала эксперимента. В образцах определяли убыль массы весовым методом. В исходных образцах определяли содержание углерода, азота и зольных элементов.

Исследуемые растения по химическому составу можно разделить на 2 группы – самым высоким содержанием углерода, азота, зольных элементов и наименьшим соотношением C/N характеризуются листья *Ch. calyculata*. Вторую группу образуют *E. vaginatum* и *S. fuscum*, которые обладают менее благоприятным для деятельности микроорганизмов химическим составом. Смешанный образец по химическому составу занимает промежуточное положение между его отдельными компонентами, но обладает достаточно высоким соотношением C/N.

В среднем, за два года эксперимента Осушенный рям отличается самым низким уровнем болотных вод (УБВ) –55 см и самой низкой средней температурой на глубине 15 см во время вегетационного периода (10,5 °С). Гарь 2 является наиболее обводненным участком (УБВ –17 см) и характеризуется наиболее теплыми условиями торфяной залежи (15,1 °С). Восстановленный рям также является достаточно обводненным (–27 см), однако температура торфяной залежи гораздо ниже (10,9 °С). Условия Естественного рьяма занимают промежуточное положение между



осушенным и пирогенными торфяниками – низкий УБВ (–41 см), относительно теплые условия торфяной залежи (13,3 °С).

В результате проведенных исследований, выявлено, что потери массы в течение двух лет в среднем для *E. vaginatum*, *Ch. calyculata*, Смешанного образца и *S. fuscum* составляют 62, 57, 33 и 18% соответственно. Для всех образцов максимальные потери органического вещества (от 54% до 76% от общих потерь за два года) происходят в первый год. Наименьшие потери массы для всех образцов за исключением Смешанного образца за два года разложения получены в условиях Естественного рьяма.

Таким образом, существует зависимость скорости разложения от гидротермических условий: на разложение *Ch. calyculata* и *E. vaginatum* оказывает влияние уровень болотных вод и температура, чем суше и прохладнее условия, тем интенсивнее процесс трансформации. Для *S. fuscum* более теплые условия способствуют интенсификации процесса трансформации, зависимость от УБВ выражена в меньшей степени. В целом влияние антропогенной деятельности (осушение) и постпирогенного восстановления фитоценозов приводит к ускорению процесса трансформации растительных остатков.

МНОГОЛЕТНЯЯ ДИНАМИКА БОЛОТНЫХ И ЛЕСНЫХ
ОРНИТОКОМПЛЕКСОВ КЕРЖЕНСКОГО ЗАПОВЕДНИКА В
ЛЕТНИЙ ПЕРИОД (НИЖЕГОРОДСКАЯ ОБЛАСТЬ, РОССИЯ)

**Носкова О.С.¹, Бокадорова Е.И.¹, Колесова Н.Е.¹, Бакка С.В.²,
Денисов Д.А.³, Стрижова С.В.¹, Сорокина Ю.А.¹, Баранов С.А.¹**

¹ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Нижегородский
государственный университет им. Н.И. Лобачевского», Н.Новгород

²ФГБУ «Государственный природный заповедник «Нургуш»,
Киров

³ФГБУ «Государственный природный биосферный заповедник
«Керженский», Н. Новгород
noskova.o.s@gmail.com

Керженский заповедник (470 км²) расположен на севере подзоны хвойно-широколиственных лесов, входит в состав водно-болотных угодий международного значения «Камско-Бакалдинские болота» и биосферного резервата ЮНЕСКО «Нижегородское Заволжье». Здесь находятся крупные массивы болот, преобладают средневозрастные и молодые сосновые леса (Бакка, Киселева, 2008). Лесные участки и болота мозаично чередуются друг с другом.

Летом 2010 г. половина заповедника была пройдена пожарами. В 2011–2019 гг. здесь ежегодно осуществлялся мониторинг летнего населения птиц. Были выявлены особенности динамики постпирогенных орнитокомплексов (Носкова и др., 2018; Lebedinskii et al, 2019). Одновременно исследования вели и на ненарушенной пожарами территории: в разновозрастных березово-сосновых лесах с участками болот (44% всей ненарушенной пожарами территории), на верховых болотах с участками леса на гривах (31 %), а с 2014 г. – еще в пойменных лиственно-елово-сосновых лесах (24 %) и в поселке (0.7 %).

Птиц учитывали на постоянных маршрутах с неограниченной полосой учета (Равкин, 1967). Всего было пройдено 774 км в гнездовой период (16 мая – 15 июля) и 554 км – в послегнездовой (16 июля – 31 августа), в т.ч. 209 км при учете редких видов. Все



материалы были внесены в базу данных лаборатории зоомониторинга ИСиЭЖ СО РАН. Обработка данных выполнена с помощью пакета программ этой лаборатории.

Для ненарушенной пожарами территории рассчитаны средневзвешенные показатели обилия птиц. С помощью индекса Сёрнсена-Чекановского выявлено межгодное сходство орнитокомплексов. По коэффициенту ранговой корреляции Спирмена (rS) оценена связь динамики средневзвешенного обилия орнитокомплексов и отдельно по каждому местообитанию со среднемесячной температурой воздуха и суточной суммой осадков за разные месяцы (апрель–август), их половины, гнездовой и послегнездовой периоды. Всего получено 110 значений rS , из которых только три достоверные ($p\text{-level}<0.05$).

Всего на ненарушенной территории отмечено 130 видов птиц из 37 семейств, 14 отрядов, составляющих 72 % от числа видов заповедника (125 видов – в гнездовой период и 105 – в послегнездовой). В разные гнездовые периоды встречали от 28 до 97 видов (в т.ч. 23–52 фоновых), а в послегнездовые периоды – от 36 до 81 вида (26–41 фоновых). Минимальные значения в разных местообитаниях приходятся в основном на первые два-три года исследований.

Ежегодно в гнездовой период доминировал зяблик (23–39% по обилию), иногда субдоминантами могли быть пухляк или лесной конек (сходно по 11%). В послегнездовой период чаще доминировал пухляк (13–29%), реже – зяблик (15–25%). Оба вида, а также большая синица (11–26% по обилию), могли быть субдоминантами.

Средневзвешенное суммарное обилие населения птиц в гнездовой период менялось от 565 (2011 г.) до 976 особей/км² (2012, 2013 гг.), а в послегнездовой – от 290 (2014 г.) до 743 (2019 г.). Межгодное сходство облика орнитокомплексов в гнездовой период составило 0.7–0.86 ед. В разных местообитаниях межгодная динамика гнездового и послегнездового обилия выглядела сходно, кроме орнитокомплекса поселка. Выявлена связь многолетней динамики обилия птиц и средней суточной суммы осадков. Средневзвешенное гнездовое обилие орнитокомплексов

было связано с осадками во второй половине июня ($rS=-0.72$), средневзвешенное послегнездовое – с осадками в послегнездовой период ($rS=0.68$), послегнездовое обилие в поселке – с осадками в августе ($rS=0.94$).

Сбор корма осуществлялся птицами преимущественно на поверхности земли: от 41 до 62 % (от средневзвешенного обилия) в гнездовой и 20–47 % – в послегнездовой периоды; а также в кронах деревьев: 24–42 % в гнездовой и 35–52 % – в послегнездовой периоды.

ИЗУЧЕНИЕ СКОРОСТИ БИОДЕСТРУКЦИИ РАСТЕНИЙ-ТОРФООБРАЗОВАТЕЛЕЙ *CAREX CESPITOSA*, *CALAMAGROSTIS PURPUREUS*

Пивоварова А.В.¹, Колесниченко Л.Г.¹, Прокушкин А. С.², Чубукова Г.А.¹, Луговая-Долматова А.В.¹, Луцаева И.В.¹

¹Национальный исследовательский Томский государственный университет, Томск

² Института леса им. В. Н. Сукачева СО РАН, Красноярск
alflavra@yandex.ru

Процесс торфообразования неразрывно связан с процессом биодеструкции растительного вещества, который для низинных болот изучен недостаточно полно. В 2020-2021 годах проведено лабораторное моделирование процессов деструкции осоки дернистой (*Carex cespitosa*), вейника пурпурного (*Calamagrostis purpureus*), образцы которых были отобраны в районе научно-исследовательской станции Кайбасово. Поскольку органическое вещество торфа формируется в процессе гниения и разложения растений-торфообразователей, особый интерес представляет исследование скорости процесса биодеструкции растительного вещества с участием и без участия микроорганизмов.

До начала проведения эксперимента образцы растений высушивали при температуре 45 °С до воздушно-сухого состояния. Часть образцов была простерилизована при 121 °С, а часть осталась нестерильной. Образцы растений одинаковой массы



помещали в стерильные емкости с добавлением дистиллированной воды. Образцы культивировали в течение 217 ч при температурах 5, 10, 23 °С. Эксперимент проводили в трех повторностях для каждого из образцов растений. В качестве контроля использовали дистиллированную стерильную воду. Измерения рН и электропроводности осуществляли через определенные промежутки времени анализатором жидкости Multi 3400i. Показания УФ- и видимых спектров снимали на спектрофотометре Eppendorf BioSpectrometer® в диапазоне 200–800 нм. Исследование растворенного органического углерода (РОУ), растворенного неорганического углерода (РНУ) проб воды проводили на базе института леса им. В. Н. Сукачева СО РАН в г. Красноярск с использованием анализатора TOC minicube analyzer, Elementar. По спектрам поглощения водных проб в ультра-фиолетовой и видимой области были рассчитаны следующие показатели, характеризующие структуру растворенного органического вещества (РОВ): SUVA₂₅₄, E₂₅₀:E₃₆₅, E₄₆₅:E₆₆₅, E₂₅₄:E₄₃₆, спектральный угол наклона Sr. Также проводилась оценка общего микробного числа (ОМЧ) для оценки влияния консорциума микроорганизмов на деструкцию.

В первые сутки эксперимента наблюдалось значительное повышение величины электропроводности, которая к 30 часам во всех образцах достигла наибольших значений и в стерильных образцах в дальнейшем осталась неизменной. Изменения водородного показателя рН носят более сложный характер: после 30 часов эксперимента при разложении образцов осоки и вейника воды стали наиболее кислыми, далее наблюдался постепенный рост показателя рН, который к конечной точке эксперимента стал максимальным, а водная среда – нейтральной. При этом значение рН было выше во всех образцах осоки пурпурной по сравнению с вейником.

Динамика поступления РНУ в воду была близка к динамике изменения электрической проводимости. Отмечено, что содержание конденсированных углеродных фрагментов во всех образцах незначительно изменялось в процессе эксперимента, причем отличие между стерильными и нестерильными образцами

не превышало у вейника 0.3 и у осоки 1.0. Наибольшее количество РОУ и конденсированных углеродных фрагментов в исследованных водах отмечалось в первые часы эксперимента, затем этот показатель постепенно снижался. Самые низкие значения E₄₆₅:E₆₆₅ характерны для нестерильных образцов вейника, что свидетельствует о более высокой степени гумификации органического веществ. Процесс деструкции в нестерильных образцах осоки дернистой протекает более выражено, чем в образцах вейника пурпурного. Установлено влияние температуры на скорость деструкции растений – торфообразователей: при низких температурах скорость деструкции минимальна.

Работа выполнена в рамках государственного задания № 0721-2020-0019 с использованием научного оборудования УНУ “Система экспериментальных баз, расположенных вдоль широтного градиента” НИ ТГУ при финансовой поддержке Минобрнауки России (RF---2296.61321X0043, соглашение № 075-15-2021-672)

СТРАТИГРАФИЯ И ДИНАМИКА ПЛОСКОБУГРИСТОГО БОЛОТА (ТАЗОВСКИЙ ПОЛУОСТРОВ, ЗАПАДНАЯ СИБИРЬ)

Прейс Ю.И.¹, Кобелева Н.В.²

¹Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН, Томск

²Российский государственный педагогический университет им. А.И. Герцена, Санкт-Петербург
preisyui@rambler.ru

В южной полосе субарктических тундр на Тазовском полуострове плоскобугристые болота занимают обширные пространства, являются доминирующим типом болот, входящим составной частью в плоскобугристо-топяные комплексы. Располагаются в центральной части водоразделов с седловидной формой рельефа.

Реконструкция динамики этих болот, особенно происходящих в них палеокриогенных процессов, необходима как основа для



оценки и прогнозов тенденций природно-климатических изменений различных временных масштабов в криолитозоне.

Здесь представлены комплексы плоскобугристо-топяных болот двух типов. В 1-ом типе плоские вытянутые по форме бугры длиной 15-20 м, шириной 5-10 м, высотой 0,40-0,45 м, заняты Ерничково-голубично-багульничково-морозковыми (*Ledum palustre*, *Vaccinium uliginosum*, *Betula nana*, *Rubus chamaemorus*) мохово-лишайниковыми (*Cladonia sylvatica*, *C. rangiferina*, *Flavocetraria cucullata*, *Cetraria cucullata*, *C. islandica*, *Aulacomnium turgidum*, *Dicranum angustum*, *D. elongatum*) сообществами; в осоково-сфагновых топях доминируют *Carex rotundata*, *Eriophorum angustifolium*, *Sphagnum compactum*, *S. lindbergii*. На буграх сезонно-талый слой (СТС) равен 30-40 см, в мочажинах – 70 см. Во 2-ом типе бугры длиной 25-30 м, шириной 10-15 м, высотой 0.25-0.30 м, заняты Ерничковыми (*Betula nana*, *Andromeda polifolia*) лишайниково-сфагновыми (*Sphagnum lenense*, *Cladonia rangiferina*, *C. stellaris*) сообществами, а мочажины – Пушицево-сфагновыми сообществами с *E. vaginatum*, *S. balticum*, *S. lindbergii*; с сезонно-талым (СТ) слоем – 50-55 см на буграх и 90 см в топях.

Изучен участок с комплексом 1-го типа в верховье реки Нёляко-Собетьяхатарка (67°58'05.1" с.ш. 75°31'53.9" в.д). Торфяная залежь под буграми имеет глубину 25-36 см, находится в СТ состоянии. Ниже – мерзлый суглинок. На основе системно-эволюционного подхода, по ботаническому составу торфа, показателям его свойств, выявлены особенности стратиграфии отложений, стадии-смены палеофитоценозов, водного режима и физического состояния (талое/мерзлое) палеозкотопов. Получены две ¹⁴C-даты: на глубине 18 см – 1453 ± 140 и 5 см – 215 ± 78 лет назад (л. н.). Залежь состоит из слоев торфа переходного и верхового типа с частыми резкими сменами свойств торфов. Возраст болота субатлантический. Отложение переходного топяного торфа началось в период потепления около 1900 кал. л. н. До 1397 кал. л. н. под осоково-гипновым сообществом отложилось 7 см торфа со степенью разложения (R) – 22 %, зольностью (A) – 16-25 %, плотностью а.с.т. (P) – 156-304 г/дм³. Затем началось обсыхание и промерзание болота, и при похолодании около 1200

кал. л. н. сформировалось ерниково-бриевое сообщество с *Polytrichum* и *Dicranum*, под которым отложилось 2 см органоминеральных отложений (ОМО) с А – 51 %, Р – 337 г/дм³). Торфонакопление прекратилось. В последующее потепление, в МКО, уровень ММ значительно понизился, сформировалось кустарничково-сфагновое сообщество, отложившее 9 см верхового сфагнового (из *S. lenense*) торфа со R – 9-18 %, А – 12-27 %, Р – 140-204 г/дм³. Наличие экстремумов свойств торфа свидетельствует о пульсирующем характере торфонакопления в этот период и переходе болота в Минимумы МЛП в ММ состоянии. Последнее значительное обсыхание, промерзание, формирование ерниково-кустарничково-бриевого сообщества и слоя ОМО (А – 53 %, Р – 197 г/дм³) произошло в Минимум Дальтона (1790-1820 гг.). Современное потепление вызвало резкое увеличение глубины СТ слоя и появление в напочвенном покрове топяных сфагновых мхов. Таким образом, данные болота являются чувствительными индикаторами температурных флуктуаций климата этого периода.

ЦИКЛЫ СОЛНЕЧНОЙ АКТИВНОСТИ И ДИНАМИКА БОЛОТООБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ЗАПАДНОЙ СИБИРИ В ГОЛОЦЕНЕ

Прейс Ю.И., Чередыко Н.Н.

Институт мониторинга климатических и экологических систем СО
РАН, Томск
preisyui@rambler.ru

Исследуется согласованность отклика болотных палеофитоценозов различных зон Западной Сибири на глобальные климатические события путем анализа цикличности характеристик болотообразовательного процесса и изотопного состава торфа для нескольких ключевых разрезов болот. Болотные ландшафты занимают значительную часть территории Западной Сибири, что делает болотообразовательный процесс мощным средообразующим фактором в этом регионе. На территории



исследования распространены болота разного возраста, в том числе, голоценового.

На всех рассмотренных объектах выражен в той или иной степени отклик на глобальные колебания климата, экстремальные голоценовые события, прежде всего на сухие похолодания голоцена и последующие потепления. С применением гармонической модели получено, что, независимо от болота, их режимы изменялись циклично с периодами порядка 200, 300, 500, 1000, 1500-1800, 2400 лет. Временные и фазовые характеристики соответствующих гармоник на разных ключевых участках в большей степени согласованы. Периоды этих колебаний соответствуют характерным временным масштабам влияния внешних климаторегулирующих факторов, таких как солнечная активность. Порядок периодов совпадает с циклами, выявленными для болот других регионов Северного полушария. Это свидетельствует как о влиянии на развитие болот факторов планетарного масштаба, так и об индикаторном потенциале характеристик болотообразовательного процесса для климатических реконструкций. Локальный отклик может преломляться в зависимости от региональных особенностей расположения болота и его стадии развития, а также в результате зашумления крупномасштабных колебаний климата Голоцена короткопериодными флуктуациями климатического режима, что отражается во временном сдвиге начала и завершения циклов.

Согласованные колебания природных объектов и внешних для них системорегулирующих факторов, а также закономерности их региональной асинхронности, при предположении об устойчивости выявленных закономерностей, могут быть использованы для уточнения реконструкций климата Западной Сибири и Северного полушария, а также могут являться основой прогнозирования климата.

Характеристики разных болотных ландшафтов являются индикаторами изменения климата различных масштабов временной изменчивости, что позволяет повышать временное разрешение реконструкций климата, как глобального, так и регионального.

ПАРАМЕТРЫ УГЛЕРОДНОГО БАЛАНСА МАЛЫХ
ВОДОТОКОВ СРЕДНЕЙ СИБИРИ, ДРЕНИРУЮЩИХ
ГИДРОМОРФНЫЕ ЛАНДШАФТЫ

**Прокушкин А.С.^{1,2}, Панов А.В.¹, Полосухина Д.А.^{1,2}, Корец
М.А.¹, Прокушкина М.П.², Карлссон Я.³**

¹Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, Красноярск

²Сибирский федеральный университет, Красноярск

³Umeå University, Sweden

prokushkin@ksc.krasn.ru

Согласно существующим оценкам, недоучет выноса терригенного углерода в гидрографическую сеть и его минерализация в пресноводных экосистемах ведет к завышению величин чистой экосистемной продукции наземных биогеоценозов на 4-60 % (Hotchkiss et al., 2015). Водотоки, дренирующие гидроморфные ландшафты, как правило, обогащены растворенным органическим углеродом (РОУ) (Frey and Smith, 2005; Pokrovsky et al., 2015) и, соответственно, являются значимым вектором переноса органического вещества из наземных ландшафтов в конечный водоем стока – СЛЮ. При этом, вследствие микробиологической минерализации поступающего в водотоки терригенного органического вещества наблюдается их перенасыщение CO₂ относительно атмосферы. Как следствие, пресноводные экосистемы представляют собой и значимый источник парниковых газов (Hotchkiss et al., 2015, Drake et al., 2018, Karlsson et al., 2020).

В данном исследовании рассмотрена изменчивость концентраций растворенного органического (РОУ), неорганического углерода (РНУ), растворенного диоксида углерода (pCO₂), а также эмиссий CO₂ (FCO₂) с поверхности малых водотоков на широтном трансекте от 60.8° до 73.4° с.ш. В качестве объектов исследования выступили водотоки 2-ого порядка согласно классификации Стралера, дренирующие гидроморфные ландшафты различных биоклиматических провинций Средней Сибири: 1. среднетаежные верховые и низинные болота, 2. северотаежные лиственничники, 3. плоскобугристые торфяники



экотона лесотундры и 4. типичные тундры. Исследования проводились в период открытой воды – с мая по октябрь.

РОУ, как правило, представляет собой доминирующую форму углерода в стоке исследованных водотоков, концентрации, которой варьируют в пределах от 470 до 2280 мкмоль/л. Обогащение вод РНУ наблюдалось в середине безморозного периода с абсолютными максимумами в водотоке лесотундры (3900 мкмоль/л). Динамика концентраций РОУ в течение безморозного периода имеет специфические особенности: для бассейнов с доминированием болотных экосистем максимальные уровни РОУ характерны середине и концу вегетационного сезона, а для бассейнов с преимущественно лесной растительностью (напр. северотаежные лиственничники) пиковые значения наблюдаются в период весеннего половодья. Среднесезонные концентрации РОУ варьировали от 940 ± 330 мкмоль/л в тундрах до 2100 ± 410 мкмоль/л в северной тайге, причем наименьшие уровни были характерны водотокам, дренирующим низинные типы болот средней тайги (866 ± 316 мкмоль/л). Степень ароматизации РОУ (параметр SUVA) изменяется в пределах от 3.11 ± 0.49 в тундре до 4.29 ± 0.45 л м мгC^{-1} в лесотундре. При этом как максимальные, так и минимальные значения отмечены в водотоках средней тайги, дренирующих, соответственно, преимущественно верховые (4.42 ± 0.53 л м мгC^{-1}) и низинные (2.92 ± 0.55 л м мгC^{-1}) болота. Спектральный угол (SR), характеризующий молекулярную массу РОУ (Helmes et al., 2008), имеет тенденцию роста с широтой от 0.723 ± 0.020 в средней тайге до 0.862 ± 0.060 в тундре ($r = 0.98$, $p < 0.05$). Для концентраций растворенного диоксида углерода и его эмиссии с поверхности водотоков отмечена обратная закономерность – снижение их величин с широтой. Так, концентрации растворенного CO_2 (pCO_2) снижались с широтой ($r = -0.98$, $p = 0.02$) с 336 ± 88 мкмоль/л в средней тайге до 66 ± 40 мкмоль/л в тундре. Эмиссионные потоки снижались в широтном направлении ($r = -0.88$, $p = 0.11$) с 7.07 ± 3.93 мкмоль $\text{м}^{-1} \text{с}^{-1}$ в средней тайге до 2.44 ± 3.64 мкмоль $\text{м}^{-1} \text{с}^{-1}$ в тундре. Тем не менее, продукция CO_2 в исследованных водотоках (pCO_2) и его эмиссия с водной поверхности (FCO_2) характеризуются разнонаправленными зависимостями от

количественных (концентрация) и качественных (SUVA, SR) характеристик РОУ. Так, увеличение степени ароматизации РОУ по параметру SUVA (свежее органическое вещество) определяет как рост эмиссионных потоков (напр. северная тайга и лесотундра) так и его снижение (водоток, дренирующий низинные болота средней тайги). Таким образом, несмотря на ряд выявленных широтных закономерностей в поведении компонентов углеродного цикла в водотоках, локальные особенности играют существенную роль в регуляции их углеродного обмена. В связи с этим необходимо продолжение исследований, направленных на выявление ключевых факторов, определяющих скорости и направленность деструкции РОУ в пресноводных экосистемах, а также параметров самих водных объектов, определяющих эмиссионные потоки.

Работа выполнена при финансовой поддержке грантов РФФИ №18-05-60203-Арктика и № 20-45-242908.

**ЛАТЕРАЛЬНАЯ И РАДИАЛЬНАЯ ДИФФЕРЕНЦИАЦИЯ
МАКРОЭЛЕМЕНТОВ В ТОРФЯНЫХ ПОЧВАХ БОЛОТНОЙ
КАТЕНЫ (НА ПРИМЕРЕ БОЛОТНОГО МАССИВА
СРЕДНЕТАЕЖНОЙ ПОДЗОНЫ)**

Степанова В.А. Миронычева-Токарева Н.П.

Институт почвоведения и агрохимии СО РАН, Новосибирск
mirtok@issa-siberia.ru

В связи с планируемым развитием транспортной, энергетической инфраструктуры, нефтедобывающей промышленности многократно будет увеличиваться нагрузка на болотные комплексы средней тайги Западной Сибири. В связи с этим актуальной задачей становится определение геохимического фона заболоченных территорий и определение скорости и условий миграции макроэлементов внутри торфяной толщи исследуемых ландшафтов.

Внешние факторы формирования и развития болот определяют условия миграции химических элементов, их начальные



концентрации и скорость рассеяния-диффузии (Чертко и др., 2006). Пространственные закономерности распределения элементов в торфе, образуют определенные геохимические подструктуры ландшафтов на микро-, мезо- и макроуровне в латеральном и радиальном направлении, поэтому в пределах ландшафтов любого таксономического ранга содержание химических элементов и их количественные соотношения остаются длительное время стабильными.

Исследования проводились на научно-исследовательском стационаре «Мухрино» Югорского Государственного Университета. Исследованный болотный массив расположен в долине нижнего Иртыша на низкой террасе в пределах Кондинского геохимического округа (N 60°53'41", E 68°41'45").

В качестве объектов исследования были выбраны торфа пяти экосистем одного верхового болотного массива, который является типичным для данной территории и включает в себя все основные варианты болотного микро- и мезорельефа. Представленный нами геохимический профиль элементарных ландшафтов включает в себя два полупрофиля: 1 – низкий рям (элювиальная позиция) — рослый рям (транс-аккумулятивная позиция); 2 – гряда (элювиальная позиция) — мочажина (транзитная позиция) – олиготрофная топь (транс-аккумулятивная позиция). В нашем исследовании геохимически автономными элементарными ландшафтами можно считать низкий рям и гряду в грядово-мочажинном комплексе, подчиненными элементарными ландшафтами рослый рям, мочажину (в грядово-мочажинном комплексе) и олиготрофную топь.

Обработка образцов торфа проводилась общепринятыми методами. Определение макроэлементов калия, натрия, кальция, магния, фосфора и железа проводили методом масс-спектрометрии ICP MS с индуктивно связанной аргоновой плазмой на масс-спектрометре Agilent 7500se (США).

Наиболее стабильным содержанием в верховых торфах исследуемого болотного массива характеризуются такие макроэлементы, как фосфор, магний, кальций и железо. Содержание натрия и калия в пределах одного вида торфа сильно

варьируется, особенно – в фускум торфе. Более стабильное содержание элементов отмечено для мочажинных видов торфа.

Используя классификацию геохимических структур ландшафтов (Чертко и др., 2006), были рассмотрены особенности концентрационных распределений макроэлементов в латеральной структуре болотного ландшафта. Калий образует асцендиальную (или восходящую) структуру, пикообразную по своей форме. В части профиля гряда–мочажина–топь происходит повышение концентрации этого элемента от элювиального ландшафта к трансэлювиальному, далее уменьшение к супераквальному. В другой части болота, на профиле низкий рям–рослый рям, содержание калия резко увеличивается к экосистеме рослого рьяма. Натрий образует дисцендиальную (или нисходящую) структуру, его содержание уменьшается от гряды к олиготрофной топи и резко возрастает в рослом рьяме по сравнению с низким рьямом. Фосфор в обеих частях профиля образует восходящую латеральную геохимическую структуру, т.к. его содержание увеличивается от элювиального элементарного ландшафта к супераквальному. Кальций в обоих случаях образует нисходящую структуру, его содержание уменьшается от элювиального к супераквальному ландшафту. Железо образует в профиле элементарных ландшафтов депрессионную геохимическую структуру. Наблюдается уменьшение содержания железа от элювиального элементарного ландшафта к трансэлювиальному и вновь увеличение к супераквальному.

Латеральная геохимическая структура болотного ландшафта по изученным нами элементам была определена как дисцендиально-асцендиальная (нисходяще–восходящая). Радиальная геохимическая структура исследуемого болотного ландшафта является органогенной с преобладанием химических элементов в верхних и нижних горизонтах торфа. Радиальная миграция элементов (кальция, железа и магния) происходит в результате циркуляции болотных вод в торфяной залежи. Латеральная миграция ряда химических элементов (фосфора, железа) в подчиненные элементы болотного мезорельефа осуществляется с боковым внутрпочвенным стоком.



СОСТАВ ЛИПИДОВ БОЛОТНЫХ ВОД И РАСТЕНИЙ НА
ПИРОГЕННО НАРУШЕННЫХ ТЕРРИТОРИЯХ

**Русских И.В.¹, Серебренникова О.В.¹, Стрельникова Е.Б.¹,
Харанжевская Ю.А.^{2,3}**

¹ФГБУН Институт химии нефти СО РАН, г. Томск

²ФГБУН Сибирский научно-исследовательский институт сельского хозяйства и торфа - филиал СФЦНА СО РАН, г. Томск

³Национальный исследовательский Томский государственный университет, Томск

rus@ipc.tsc.ru, kharan@yandex.ru

Ранее в работе [1] показано, что состав липидов (органических жирорастворимых компонентов) болотных вод подвержен сезонным колебаниям и формируется за счет соединений, образовавшихся в торфяной залежи и попадающих с атмосферными осадками, а также компонентов болотных растений. Кроме соединений биогенного происхождения в состав липидов болотных вод могут входить органические компоненты антропогенного характера [1, 2].

Цель данной работы - изучение влияния пирогенной нагрузки на состав липидов болотных вод и растений. Пожар произошёл в августе 2016 года на территории Бакчарского болота Томской области. Исследован состав липидов болотных вод и багульника, отобранных на выгоревшей и фоновой территориях на третий год после пожара.

Методом хромато-масс-спектрометрии были идентифицированы основные группы органических соединений: ациклические *n*-алканы, жирные кислоты, длинноцепочечные эфиры, *n*-алкан-2-оны, а также, стероиды, сесквитерпены, пентациклические тритерпеноиды.

Максимальная суммарная концентрация органических соединений в водах и багульнике зафиксирована на выгоревшем участке. В составе идентифицированных соединений в воде на пирогенно нарушенной территории преобладают пентациклические тритерпеноиды, в воде фонового участка

СЕКЦИЯ 1. ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ

доминируют длинноцепочечные эфиры. В багульнике наблюдается максимальное содержание сесквитерпенов, как на выгоревшем участке, так на фоновом. В багульнике, отобранном на фоновом участке содержание пентациклических тритерпеноидов и *n*-алканов в 1.5 раза, а *n*-алкан-2-онов в 10 раз выше, чем на выгоревшем участке.

Таким образом, липиды болотных вод можно рассматривать в качестве биомаркеров видового изменения и/или восстановления биоценоза на пирогенных участках, поскольку липиды содержат биомолекулы, попадающие в воду из произрастающих на этих участках растений. Последствием пожара является исчезновение или ограниченное распространение первоначальных видов растений и, в ряде случаев, замещение их другими. Наблюдаемые особенности могут быть следствием развития на пирогенно нарушенных участках благоприятных почвенных условий для развития специфических, отсутствовавших ранее групп растений.

Таблица. Содержание групп органических соединений в болотных водах и багульнике, отобранных в июле 2019 г.

Соединения	Болотные воды, мкг/дм ³		Багульник, г/кг	
	Выгоревший участок	Фоновый участок	Выгоревший участок	Фоновый участок
Сесквитерпены	0.76	0.20	11.110	3.770
Пентациклические тритерпеноиды	44.11	7.02	0.236	0.348
Стероиды	22.56	1.55	0.018	0.016
Жирные кислоты	6.60	1.41	0.035	0.019
Длинноцепочечные эфиры	8.87	31.40	0	0
<i>n</i> -Алкан-2-оны	18.04	1.68	0.003	0.030
<i>n</i> -Алканы	30.48	10.07	0.598	0.763
Всего	131.41	53.32	12.0	4.947

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ и Администрации Томской области в рамках научного проекта № 18-44-700005.

Литература

1 Russkikh I. V. Identification of Hydrocarbons in the Waters of Raised Bogs in the Southern Taiga of Western Siberia / I. V. Russkikh, E. B. Strel'nikova, O. V. Serebrennikova, E. S. Voistinova, Yu. A.



Kharanzhevskaya // *Geochemistry International*. – 2020. - V. 58. - No. 4. - P. 447–455. DOI: 10.1134/S0016702920040072

2 Serebrennikova O.V. Seasonal Dynamics of Organic Compounds Distribution in Swamp Waters of Southern Taiga (Western Siberia)/O.V. Serebrennikova, E.B. Strelnikova, I.V. Russkikh, Yu.A. Kharanzhevskaya, E.S. Voistiniva // *Chemistry for sustainable development*. – 2019. – No.27. – P. 53-60. DOI: 10.15372/CSD20190110

БИОМАРКЕРЫ *n*-АЛКАНЫ И *n*-АЛКАН-2-ОНЫ В ВЕРХОВЫХ ТОРФАХ И БОЛОТНЫХ РАСТЕНИЯХ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

Стрельникова Е.Б.¹, Русских И.В.¹, Преис Ю.И.²

¹ФГБУН Институт химии нефти СО РАН, Томск

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

seb@ipc.tsc.ru

Торф содержит широкий спектр сложных углеводородных молекул, в том числе биомаркеров–устойчивых к разложению соединений, для которых известен их природный источник. Биомаркеры в торфяных залежах дают информацию об изменениях, происходивших с растительностью и климатом за длительный период времени [1]. Методом хромато-масс-спектрометрии проведен сравнительный анализ состава липидных биомаркеров *n*-алканов и *n*-алкан-2-онов в сфагновых мхах, травяных растениях, вересковых кустарничках и торфах верховых болот Западной Сибири, формирующихся в разных природно-климатических условиях.

Растения были отобраны из болот Томской области, а также Ханты-Мансийского и Ямало-Ненецкого автономных округов. Во всех растениях преобладают нечетные *n*-алканы C₁₅–C₃₃. У мхов *Sphagnum* доминируют гомологи C₂₃ и C₂₅, тогда как у других растений наиболее распространены *n*-алканы с более длинной цепью: среди вересковых кустарничков у хамедафны максимальное содержание приходится на *n*-алкан C₂₉, у багульника на C₃₁, тогда

как у травяных растений наиболее распространены гомологи C_{31} и C_{27} . Концентрация n -алкан-2-онов C_{21} – C_{33} в сфагновых мхах Западной Сибири существенно ниже, чем n -алканов (от 2 до 20 раз), а максимум в распределении приходится на C_{27} .

Торфа отобраны в пределах шести природно-климатических зон/подзон от лесостепи до тундры в Новосибирской, Томской областях, а также в Ханты-Мансийском и Ямало-Ненецком автономных округах. Пробы торфа для анализа взяты с глубин, не превышающих 60 см. Показано, что виды торфа при низкой степени разложения наследуют распределение n -алканов и n -алкан-2-онов, характерное для исходных растительных сообществ. Так, преобладающим гомологом n -алканов в большинстве видов топяных сфагновых мхов и мочажинном торфе является C_{23} , у мха *S. fuscum* и фускум-торфа доминирует гомолог C_{25} . В пушицевых и кустарничковом торфах преобладают гомологи C_{27} – C_{31} , что характерно для рассмотренных нами трав и кустарничков верховых болот.

Максимум в распределении n -алкан-2-онов всех сфагновых мхов и торфов приходится на гомолог C_{27} . Полученные нами результаты, а также литературные данные свидетельствуют о достаточной стабильности n -алкан-2-онов в различных климатических условиях. Предложено рассматривать эти соединения как индикаторы палеоклимата, для этого введен коэффициент $KET = (C_{23} + C_{25}) / (C_{27} + C_{29} + C_{31})$ [2]. Согласно полученным нами данным значения KET увеличиваются в образцах торфа в направлении от юга к северу параллельно снижению температуры и увеличению влажности климата или обводненности болотных экотопов (рисунок). Следовательно, коэффициент KET потенциально может быть полезным маркером гидротермических условий торфообразования для верховых торфов, но необходимы дальнейшие исследования в этом направлении.

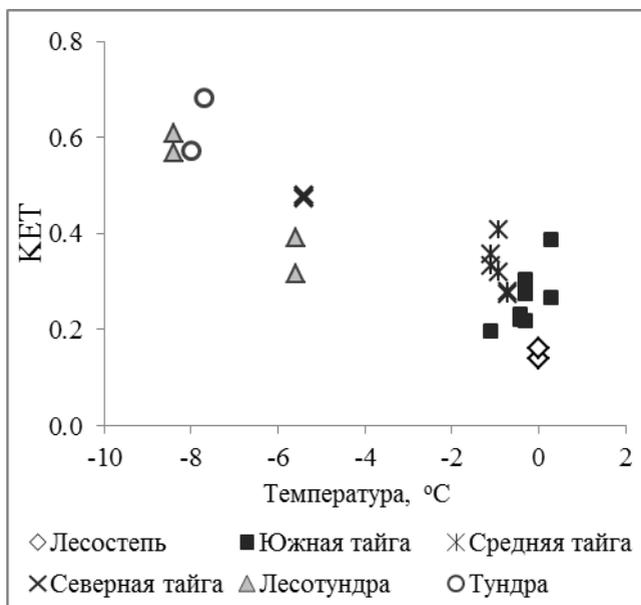


Рисунок. Зависимость величины коэффициента КЕТ в сфагновых торфах Западной Сибири от температуры окружающей среды
Работа выполнена по проекту РФФИ р_а18-44-700005.

Литература

1. Naafs B.D.A., Inglis G.N., Blewett J., McClymont E.L., Lauretano V., Xie S., Evershed R.P., Pancost R.D. // Glob. Planet. Chang. 2019. V. 179. P. 57. <https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2019.05.006>
2. Zheng Y., Zhou W., Liu X., Zhang C.L. // Org. Geochem. 2011. V. 42. P. 25. <https://doi.org/10.1016/j.orggeochem.2010.10.003>

**РОЛЬ ФАКТОРОВ В БИОГЕОХИМИИ УГЛЕРОДА В
БОЛОТНЫХ ЭКОСИСТЕМАХ СЕВЕРА ЗАПАДНОЙ СИБИРИ**

Тимофеева М.В., Гончарова О.Ю., Матышак Г.В.

ФГБНУ ФИЦ Почвенный институт имени В.В.Докучаева, Москва
mtimofeeva02@gmail.com

Болотные экосистемы представляют собой важный компонент глобального цикла углерода и играют важную роль в поддержании состава атмосферного воздуха. В биогеохимическом цикле углерод представлен неорганическими окисленными (CO_2) и восстановленными (CH_4), а также органическими формами. Процессы трансформации, скорость протекания реакций, преобладание тех или иных процессов зависят от ряда факторов, контролирующих условия среды.

Цель работы – выявить факторы, определяющие процессы биогеохимической миграции углерода в болотных экосистемах севера Западной Сибири. Исследование проведено на территории полевого стационара «Надым» ($65^\circ 18' 54.4''\text{N}$; $72^\circ 52' 10.0''\text{E}$). В качестве объекта исследования выбран болотно-торфяной комплекс, включающий в себя плоскобугристые торфяники с мохово-лишайниково-кустарничковым покровом и наличием многолетнемерзлых пород (ММП) в толще органогенного почвенного профиля и олиготрофное осоково-сфагновое болото без ММП. В непосредственной гидрохимической связи находятся подпертые воды, представляющие собой небольшие по площади водоемы, образовавшиеся в результате перекрытия глобального стока воды из-за прокладки в 2010 году магистрального газопровода. Исследования проводили с использованием полевых и лабораторных методов, адаптированных к специфике криогенных экосистем: метод статичных закрытых камер для определения эмиссии с поверхности почвы (Смагин, 2005), метод плавучих камер для определения эмиссии с поверхности открытой воды, метод мембранных пробоотборников для определения концентрации CO_2 в почве (Каспаров и др., 1986), метод *headspaceequilibration* для определения концентрации CO_2 в воде



(Kling et al., 1991), водорастворимый органический углерод РОУ (< 0,45 μm) определяли на ТОС-анализаторе – V_{CPN} (Shimadzu).

Ключевой фактор, определяющий концентрацию диоксида углерода в почве и его эмиссию с поверхности – глубина залегания ММП: с увеличением мощности сезонно-талого слоя (СТС) растет концентрация газа ($r=0.42$ $p<0.05$), причем локально – преимущественно на границе «торфяник – болото» – наблюдаются экстремально высокие значения. Эти участки являются горячими точками процессов обмена углерода между водой, почвой и атмосферой. Достоверно установлено, что высвобождение РОУ с торфяника в водотоки увеличивается в более влажной анаэробной среде из-за менее эффективного разложения, чем в аэробных условиях, где происходит полное разложение веществ до молекулярного углекислого газа.

Растворение CO_2 в воде, его концентрация контролируются температурой воды ($r=0,22$ при $p<0.05$) и ее окислительно-восстановительным потенциалом ($r=-0,47$ при $p<0.05$). Интересно, что эмиссия метана на болоте не зафиксирована: воды являются насыщенными кислородом, и минерализация растворенного органического вещества в верхней части торфяной толщи производится аэробными гетеротрофными бактериями. Концентрация РОУ в болотных водах также связана с электропроводностью: ее уменьшение сопровождается снижением общей солевой нагрузки. Температура также влияет на содержание РОУ.

Исследования, проведенные в области распространения прерывистых и островных ММП, выявили систематическое снижение концентрации органических и неорганических форм углерода в ряду: олиготрофные болотные воды – подпертые воды – плоскобугристые торфяники. На процессы углеродного обмена между лито-, гидро- и атмосферой влияют гидрохимические и гидрофизические показатели, которые в разных экосистемах могут по-разному направлять механизмы трансформации и транспортировки углерода.

БИОГЕННЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ В РУСЛОВОМ СТОКЕ РЕК НА
ТЕРРИТОРИИ БОЛОТНЫХ ЭКОСИСТЕМ
ЗАПАДНОСИБИРСКОЙ НИЗМЕННОСТИ

Токарева И.В., Прокушкин А.С.

Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, Красноярск
gavrilenko@ksc.krasn.ru

Западносибирская низменность по заболоченности территории является одним из крупнейших регионов не только в России, но и в мире. По разным оценкам (Вомперский и др., 1999; Shengetal., 2004) площадь торфяников Западной Сибири варьирует от 319 до 592 тыс. км². Особенности территории непосредственно сказываются и на химическом составе воды ручьев и рек, имеющих питание с данных водосборов. Целью работы было оценить сезонную динамику содержания основных биогенов в русловом стоке в условиях болотных экосистем, а также исследовать влияния типов болот на концентрации биогенов в дренирующих их водотоках.

Стационарные исследования проводились на базе Среднеенисейского ОЭП Института леса им. В.Н. Сукачева СО РАН (обсерватория ZOTTO, п. Зотино, 60°43'–60°51'с.ш., 88°57'–89°34'в.д.). Исследуемый район относится к среднетаежной подзоне. Общая заболоченность территории составляет свыше 35%, из которых на долю олиготрофных болот приходится 24% (Прокушкин и др., 2017). Объектами исследования были водотоки I – IV порядков (5 притоков руч. Развилки и два безымянных ручья (I), ручьи Развилки и Горбатый (II), рр. Хойба, Тугулан (III), Сым и Дубчес (IV)). Роль типа болот оценивалась на примере ручьев Развилки и Горбатый, дренирующих олиготрофное и эвтрофное болота, соответственно. В ходе экспедиционных работна широтном трансекте (60-67,5°с.ш.) были исследованы рр. Кас, Елогуй, Турухан (IV) и Большая Игарка (III). Отбор воды руслового стока малых водотоков осуществляли на стационарных постах еженедельно в период открытой воды (май-сентябрь) и ежемесячно в зимний (октябрь-апрель). Крупные водотоки опробовали



однократно по отдельным гидрологическим периодам: зимняя межень, весеннее половодье, летняя межень и осенний паводок. Образцы воды фильтровались (0,22 мкм, Millipore) и замораживались до проведения лабораторного анализа. Содержание биогенных элементов (P-PO₄, N-NO₃, N-NO₂ и N-NH₄) определяли на проточно-инжекционном анализаторе LachatQuikchem 8500.

В русловом стоке исследованных рек среднегодовые концентрации биогенных элементов характеризуются высокой степенью пространственно-временной вариации и имеют тенденцию увеличения с порядком водотока: уровни P-PO₄ варьируют в диапазоне от $14,6 \pm 7,5$ мкг/л в водотоках первого порядка до $32,5 \pm 12,3$ мкг/л в водотоках 4-ого порядка, N-NO₃ от $20,1 \pm 21,7$ до $38,8 \pm 69,0$ мкг/л и N-NH₄ от $13,6 \pm 23,0$ до $483,0 \pm 499,2$ мкг/л, соответственно. Общее содержание растворенных форм неорганического азота (DIN) возрастает в этом ряду от $43,6 \pm 38,2$ до $387,3 \pm 441,1$ мкг/л, а соотношение DIN к фосфору (P-PO₄) от $6,8 \pm 6,1$ до $78,6 \pm 88,3$ мкг/л. В водотоке второго порядка ручье Развилки, дренирующем олиготрофное болото, выявлены повышенные (до 2-6 раз) концентрации P-PO₄ и N-NO₃ по сравнению с ручьем Горбатый, питающимся из эвтрофного болотного массива. Концентрации аммония в летнюю межень и осенний период, наоборот, выше в последнем, что отражает специфичность биогеохимических процессов.

Сезонный характер поведения концентрации нитратов и аммония в водотоках имеет вид: зимняя межень > летняя межень > весеннее половодье. Уровни фосфата несколько выше в летнюю межень, а рост концентраций нитрита отмечается в весеннее половодье, характеризуясь в обоих случаях положительной зависимостью их концентраций от расхода воды в водотоках. Анализ источников питания водотоков показал, что по сравнению с русловым стоком атмосферные осадки в районе исследований обогащены нитратами (176 ± 29 мкг/л) и аммонием (356 ± 247 мкг/л). Снеготалые воды содержат более низкие концентрации биогенных элементов по сравнению с дождевыми осадками. Для грунтовых вод характерно резкое снижение концентраций всех

форм биогенных элементов: $P-PO_4 - 8.4 \pm 5.4$ мкг/л, $N-NO_3 - 32.9 \pm 34.3$ мкг/л, $N-NO_2 - 5.0 \pm 7.0$ мкг/л и $N-NH_3 - 44,5 \pm 40,5$ мкг/л. Собственно воды олиготрофного болота, как озерковых комплексов, так и с глубин 0.5-1.0 м, характеризуются промежуточными значениями. Таким образом, поступление биогенных элементов в гидрографическую сеть непосредственно с атмосферными осадками представляется крайне малым. В питании водотоков низких порядков прослеживается вклад грунтовых и поверхностных вод болот и нарастание автохтонных процессов в формировании уровней биогенных элементов в водотоках высоких порядков, вероятно вследствие минерализации органического вещества.

Работа поддержана грантом РФФИ-№18-05-60203-Арктика.

ИНТЕНСИВНОСТЬ МИНЕРАЛИЗАЦИИ ТОРФЯНЫХ ПОЧВ СЕВЕРА ЗАПАДНОЙ СИБИРИ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ТЕМПЕРАТУРЫ И ВЛАЖНОСТИ

Трифорова В.А.

Московский государственный университет

им. М.В. Ломоносова, Москва

victoriatrifonova04@gmail.com

Сохранение экосистем торфяных болот в условиях глобального потепления невероятно важно. Болотные экосистемы служат резервуаром для почвенного углерода. Они составляют всего лишь 3 % территории суши, но запас органического углерода этих почв огромен и составляет 30 % от всего почвенного углерода (3,8 млн. м²) (Global Peatland Database). По данным ФАО (2017 Soilorganiccarbon: the hidden potential), от 5 до 10 % территории РФ занимают торфяные почвы. Наша страна обладает огромными ресурсами торфяных почв, принципы функционирования которых важно изучать.

В литературе часто исследуется роль температуры и влажности в поддержании устойчивости почв. Но данные факторы в подавляющем большинстве работ рассматриваются по-



отдельности, и чаще для минеральных горизонтов. Особенно интересны для изучения объекты на границе распространения многолетнемерзлых пород, гидротермический режим почв может резко измениться при таянии мерзлоты. Что в свою очередь может усилить или ослабить процесс минерализации органического вещества. Лабораторные эксперименты позволяют отследить общую закономерность минерализации торфяных экосистем.

Целью данной работы является изучение совместного влияния температуры и влажности на интенсивность минерализации торфяных горизонтов наиболее характерной для Севера Западной Сибири почвы – торфяно-криозема типичного (Т1-Т2–СR–С₁). Образцы горизонтов Т1 и Т2 были отобраны в Надымском районе ЯНАО (65°18'52.5"N 72°52'27.2"E, Надымский почвенный стационар).

Методика эксперимента заключалась в доведении до определенных влажностей и температур исследуемых образцов. Были выбраны температуры 15 и 25 °С, градации по влажности – 40% ППВ, естественная (80% ППВ), ППВ, ПВ. Измерение предельной полевой влагоемкости осуществлялось при помощи сетчатого цилиндра [Вадюнина, Корчагин, 1986]. Перед началом инкубационного эксперимента образцы были доведены до необходимой влажности. Далее образцы были предварительно инкубированы в течение пяти дней, сама инкубация составляла 1 сутки [Ананьева, 1993, 1995]. В ходе эксперимента измерена биологическая активность торфа – величина базального дыхания (БД). После измерения значений БД с теми же образцами проведен эксперимент по измерению субстрат-индуцированного дыхания (СИД). Результаты эксперимента представлены в таблице.

Горизонт Т1 имеет меньшую степень разложения и содержит большее количество лабильного органического вещества, что объясняет полученные результаты. Для обоих горизонтов характерно наличие оптимальных значений минерализации органического вещества – диапазон между естественной влажностью и ППВ. При 40% ППВ показатели БД были ниже в 1,13-1,97 раз, чем при естественной. При ПВ – в 1,00-1,29 раз. Наибольшее значение увеличение температуры имело на интервале

от 40 % ППВ до естественной влажности (увеличение в 3,03-3,29 раз), наименьшее – при ППВ (увеличение в 1,44-2,46 раз). Для СИД наблюдались аналогичные зависимости.

Таблица. Зависимость гетеротрофного дыхания торфяных почв от температуры и влажности (мкг С-СО₂/кг – средние значения)

Температура, °С	Горизонт	Градации влажности			
		40 % ППВ	ест	ППВ	ПВ
15	Т1	2,837	5,420	5,609	4,330
25		9,312	14,732	11,252	10,465
15	Т2	0,972	1,897	1,874	1,874
25		2,942	3,330	2,706	2,486

Таким образом, на высоких значениях влажности температура оказывает меньшее воздействие на интенсивность минерализации органического вещества, но при снижении влажности её роль критична. Наибольший эффект на интенсивность минерализации оказывает совместное влияние высокой температуры и влажности на интервале от естественной до ППВ.

ВЛИЯНИЕ ВЛАЖНОСТИ НА БИОЛОГИЧЕСКУЮ АКТИВНОСТЬ ТОРФЯНЫХ ПОЧВ КРИОЛИТОЗОНЫ

Чуванов С.В.

Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Москва

Почвенный институт им. В.В. Докучаева, Москва
stas.chuванov@gmail.com

Северные торфяники содержат в себе около 1700 миллиардов тонн органического углерода, что вдвое превышает количество углерода в атмосфере (Tarnocai, 2009). Прогнозируемое изменение климата может привести к деградации вечной мерзлоты и изменению гидрологического режима почв Севера. Исследованиям связанных с влиянием температуры почв на биологическую активность посвящено множество научных работ. Однако, влияние влажности на биологическую активность почв, рассматривается не



столь часто. Осушение почв может ускорить минерализацию органического вещества и высвободить дополнительный CO_2 в атмосферу, тогда как переувлажнение, наоборот, может снизить эмиссию CO_2 , но увеличить продукцию CH_4 (Natali, 2015).

Целью данной работы является изучить влияние иссушения - увлажнения на биологическую активность торфяных почв криолитозоны. Исследования проведены на севере Западной Сибири (Ямало-Ненецкий автономный округ, Надымский и Тазовский район). 1). Первый экспериментальный участок ($E72^{\circ}51'04,20''$, $N65^{\circ}17'43,36''$) представлен комплексом плоскобугристого торфяника с залегающей под ним мерзлотой (40-60 см) и окружающим его болотом (без мерзлоты), расположенным в зоне северной тайги. 2). Второй экспериментальный участок ($E78^{\circ}55'48,5854''$, $N67^{\circ}20'16,7381''$) расположен на полигональных торфяниках южной тундры в зоне сплошного распространения мерзлоты. Объект исследования – типичная почва торфяно-криозем ($T1-T2-CR-C_{\perp}$). В полевых условиях начала сентября 2020 года проведено измерение эмиссии CO_2 методом закрытых камер (Смагин, 2009), температуры и объемной влажности почв.

1) На первом участке эксперименты были проведены в 2 вариантах:

а) по «естественному градиенту влажности» - на плоскобугристом торфянике выбраны участки с отличающейся влажностью, однотипным растительным и почвенным покровом, схожей температурой.

б) «трансплантация» - в 2018г. перенесены образцы почвы ненарушенного строения на участки, резко отличающиеся по влажности, т.е. с плоскобугристого торфяника в болото и наоборот.

2) На втором участке организованы площадки в понижениях между полигонами и на самих полигонах дренированного растепленного полигонального торфяника и на контрольном типичном полигональном торфянике. Отобраны образцы трансплантированной почвы и с участков полигонального торфяника для исследования биологической активности в лаборатории методами базального и субстрат-индуцированного

СЕКЦИЯ 1. ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ

дыхания и для изучения лабильного органического вещества почвы.

Полевые эксперименты на плоско бугристом и полигональном торфянике показали отсутствие резких скачков эмиссии CO_2 как на переувлажнённых участках, так и на дренированных.

1) Образцы трансплантированной почвы были исследованы в лабораторных условиях. При осушении отмечено увеличение базального дыхания (мкг $\text{C-CO}_2/\text{г}$ почвы в час) от $11,27 \pm 0,20$ до $14,48 \pm 0,52$. При переувлажнении базальное дыхание выросло в 5 раз (с $2,09 \pm 0,07$ до $10,28 \pm 1,34$). Содержание лабильного органического азота (мг/кг) при осушении увеличилось в два раза (от $35,89 \pm 2,30$ до $66,97 \pm 3,01$), а при увлажнении в 3 раза (от $19,92 \pm 0,44$ до $66,84 \pm 8,93$).

2) Были проанализированы образцы, отобранные с полигонального торфяника. При дренировании базальное дыхание (мкг $\text{C-CO}_2/\text{г}$ почвы в час) снизилось вдвое (с $18,98 \pm 0,50$ до $8,55 \pm 0,53$). Содержание лабильного органического азота (мг/кг) при дренировании уменьшилось (с $12,14 \pm 7,83$ до $4,47 \pm 3,99$). Содержание лабильного органического углерода практически не изменилось в обоих случаях.

Таким образом, при возможном таянии мерзлоты отмечена неоднозначная реакция экосистем. Как при переувлажнении, так и при осушении нет достоверных изменений в эмиссии CO_2 , что может быть связано с физическими процессами перераспределения CO_2 в торфяной почве и экосистеме. При этом в лабораторных условиях отмечено достоверное увеличение биологической активности при осушении, и более выраженное при увлажнении.

Работа поддержана Российским фондом фундаментальных исследований (грант 18-04-00952А).



ПРОСТРАНСТВЕННАЯ ВАРИАЦИЯ ХИМИЧЕСКОГО
СОСТАВА ВОД СЕВЕРО-ВОСТОЧНОГО УЧАСТКА
ВАСЮГАНСКОГО БОЛОТА

Харанжевская Ю.А.^{1,2}, Савичев О.Г.^{2,3}

¹Сибирский НИИ сельского хозяйства и торфа - филиал СФНЦА
РАН, Томск

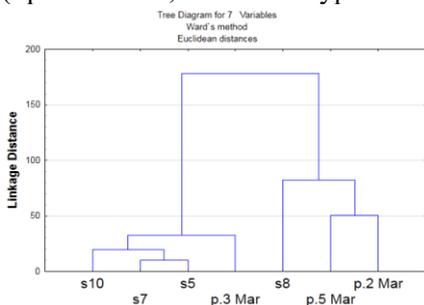
²Национальный исследовательский Томский государственный
университет, Томск

³Национальный исследовательский Томский политехнический
университет, Томск
kharan@yandex.ru

Текущие климатические изменения влияют на функционирование болотных экосистем во всем мире. Экспериментальные исследования подтвердили, что более высокие температуры уменьшают потенциал накопления торфа [Bragazza et al., 2016], а значит, могут усилить мобилизацию минеральных и органических веществ в пределах болот Западной Сибири и ускорить их поступление в поверхностные воды и в Мировой океан. Химический состав болотных вод имеет региональные особенности, зависит от типа и свойств торфяной залежи, климатических и гидрогеологических условий территории, изменяясь по территории болота. Поэтому целью данной работы является исследование пространственной вариации химического состава участка северо-восточных отрогов Васюганского болота. Исследования проводились на участках, удаленных от антропогенного воздействия в пределах типичных болотных микроландшафтов Васюганского болота у с. Польшнянка Бакcharского района Томской области: высокий рям, низкий рям, осоково-сфагновая топь, грядово-мочажинный комплекс, которые располагались центре водосбора реки Ключ и на его юго-восточной границе. Отбор проб болотной воды осуществлялся с глубины 30-40 см в апреле-марте 2015 года перед началом снеготаяния из специально оборудованных скважин. Химический анализ болотных вод выполнялся в Лабораторно-аналитическом центре

СибНИИСХиТ - филиале СФНЦА РАН и аккредитованных лабораториях Томского политехнического университета. Анализ исходных данных проводился с применением иерархического кластерного анализа в Statistica 10.

Анализ данных показал, что болотные воды, отобранные в разных участка бассейна р. Ключ, имеют в целом сходный химический состав, характеризуются преобладанием в составе ионов Ca^{2+} и HCO_3^- и величиной минерализации по сумме ионов 38 мг/л, высоким содержанием органических веществ и величиной ХПК в среднем 159 мгО/л. Пробы, отобранные на юго-восточной границе бассейна р. Ключ отличаются более высокими концентрациями Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , SO_4^{2-} в болотных водах, и отмечается общая тенденция увеличения концентраций всех компонентов (Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Na^+ , Cl^- , SO_4^{2-} , NO_3^- , HCO_3^- , $\text{Fe}_{\text{общ}}$) в ряду топь – грядово-мочажинный комплекс – рям – рям на границе болота. Для проб, отобранных в центральной части бассейна, такая тенденция нарушается и наблюдается увеличение концентраций в водах низкого рьяма. Статистический анализ позволил выделить 2 кластера. В первый кластер вошли пробы, отобранные в рямах и грядово-мочажинном комплексе, а во второй на топиях и высоком рьяме (рисунок). Таким образом, нами была отмечена пространственная вариация химического состава вод Васюганского болота, которая определяется мощностью торфяной залежи, видом болотного микроландшафта и его гидрологическими свойствами (проточность, колебания уровней болотных вод).



p2 – высокий рям,
 p3 – низкий рям,
 p5 – топь,
 s5, s7 – рям,
 s8 – топь, s10 –ГМК

Рисунок. Дендрограмма химического состава болотных вод ключевых участков Васюганского болота



Литература

Bragazza, L., Buttler, A., Robroek, B.J.M., Albrecht, R., Zaccone, C., Jasse, V.E.J., Signarbieux, C., 2016. Persistent high temperature and low precipitation reduce peat carbon accumulation. *Global Change Biol.* 22, 4114e4123.

РЕЗУЛЬТАТЫ ФОНОВОГО ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА СОСТОЯНИЯ ВАСЮГАНСКОГО БОЛОТА НА ПРИГРАНИЧНЫХ ТЕРРИТОРИЯХ ГОСУДАРСТВЕННОГО ПРИРОДНОГО ЗАПОВЕДНИКА «ВАСЮГАНСКИЙ»

Харанжевская Ю.А.^{1,2}, Синюткина А.А.¹

¹Сибирский НИИ сельского хозяйства и торфа - филиал СФНЦА
РАН, Томск

²Национальный исследовательский Томский государственный
университет, Томск
kharan@yandex.ru

Западная Сибирь является уникальным объектом для исследования ненарушенных экосистем, где сохранились обширные территории ненарушенных болот, единственным источником загрязнения для которых является дальний атмосферный перенос. Исследование таких участков особенно важно для определения фоновых концентраций веществ и необходимо для оценки экологического состояния загрязнённых территорий и разработки программ мониторинга. Согласно данным (Государственный доклад..., 2017) к наиболее важным источникам тяжелых металлов в атмосфере в юго-восточной части Западной Сибири относятся добыча угля, добыча нефти, химическая и нефтехимическая промышленность, металлургия, транспортировка и сжигание отходов. Целью данной работы являлась мониторинг атмосферных выпадений и содержание Zn, Pb, Cu, Cd в болотных и речных водах в 2016-2020 гг. Исследования проводились в пределах северо-восточных отрогов Васюганского болота (стационар «Васюганский» СибНИИСХиТ) недалеко от с.

Польнянка в 200 км на северо-запад от г. Томск, вне зоны непосредственных источников антропогенного воздействия. Методика исследований включала в анализ атмосферных выпадений с применением коллектора, установленного в пределах сосново-кустарничково-сфагнового микроландшафта (п.3) с применением метода пассивного оседания пыли (разработанного Геологической службой США) (Reheis, 2003), отбор болотных и речных вод (р. Ключ). Анализ проб производился в Лабораторно-аналитическом центре СибНИИСХиТ методом инверсионной вольт-амперометрии, а также методом масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой (ICP-MS) в Химико-аналитическом центре «Плазма» (г. Томск).

Исследования показали, что уровень атмосферных выпадений Zn, Pb, Cu, Cd (Синюткина, Харанжевская, 2020) также как и содержание их в болотных и речных водах юго-востока Западной Сибири весьма низкие, поэтому территорию можно отнести к фоновой. Однако исследуемый участок Васюганского болота все же находится под влиянием, как локальных источников, так и регионального переноса загрязняющих веществ, способствующие периодическому повышению Zn, Pb, Cu, Cd в болотных и речных водах. Резкое повышение содержания Zn, Pb, а также Cd в составе атмосферных выпадений, а также в болотных и речных водах связано с поступлением его в атмосферу в результате пожаров 2016 и 2019 гг. Повышенное содержание Cu в составе аэрозольных загрязнений в основном связано с региональным переносом загрязняющих веществ от промышленных предприятий региона. Анализа данных показал, что в болотных водах участка Васюганского болота содержание Zn в 1,2-6 раз, Cu в 1,3-7 раз, Pb в 1,2 раза периодически превышает нормы ПДК_{рыб-хоз} и находится в тесной зависимости от колебания уровня вод, но также связано с температурой воздуха, что важно учитывать в условиях изменения климата. В малой реке Ключ, правобережном притоке р. Бакчар периодически за исследуемый период 2016-2020 отмечается превышение ПДК_{рыб-хоз} по Zn в 1,2-25 раз, по Cu в 1,1-17 раз, а также Pb в 1,7 раз. В целом можно сделать вывод, что болота, накопившие тяжелые металлы в торфяной залежи при изменении



климата в случае повышения температуры воздуха и активизации процессов трансформации растительных остатков, будут способствовать их активной миграции с болотными и речными водами.

Исследование выполнено в рамках государственного задания по теме ПНИ РАН № 0778-2019-0005 (мониторинг содержания тяжелых металлов в пределах фоновых территорий).

МАТЕРИАЛЫ К ИЗУЧЕНИЮ БОЛОТ САМАРСКОЙ ОБЛАСТИ

Щуряков Д.С.¹, Гришуткин О.Г.², Ямбушев А.Р.³

¹Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарева, Саранск

²Институт биологии внутренних вод РАН им. И.Д. Папанина, Борок, Ярославская область

³Мордовский государственный педагогический университет им. М.Е. Евсевьева, Саранск
shuryakoff@yandex.ru

Болота занимают в Самарской области 42 тыс. га, или 0,78 % территории (Сенатор, 2016). В монографии (Саксонов, Сенатор, 2012) для болот отмечается 71 вид сосудистых растений, и еще 15 для заболоченных территорий, что говорит о слабой изученности парциальной болотной флоры.

Нами в 2017–2019 гг. было обследовано 34 болота, из которых 3 находятся в правобережной части Самарской области, и 31 в левобережной.

Исследованные болота почти все являются низинными (33), и лишь одно переходным. Чаще всего встречаются травяные болота (28) (осоковые (7), тростниковые (12)). Также зафиксированы болота с развитым древесным ярусом – черноольховые (4), березовые (1). Наибольшее число болот было исследовано в поймах крупных и средних рек (17), долинах малых рек (4), также довольно многочисленны болота в замкнутых котловинах на водораздельных территориях. Чаще всего встречаются суффузионные котловины (12), реже карстовые (1).

СЕКЦИЯ 1. ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ

Размеры исследованных болот сильно различаются. Площадь наименьших из них составляла лишь 0,2 га, крупнейшее болото расположено в 0,5 км юго-западнее с. Муханово, Кинель-Черкасского района, его площадь 220 га. Средняя площадь всех исследованных болот составила 29,9 га.

Измеренная торфяная залежь болот относительно невелика. В прирусловых частях пойм крупных рек наблюдаются болота с минимальной торфяной залежью, составляющей около 10 см, в карстовых котловинах глубина торфа может превышать 1,5 м. Средние максимальные величины на исследованных болотах составили 95,6 см.

Флора. На болотах Самарской области нами зарегистрировано 134 вида сосудистых растений и 16 видов мхов. Подавляющее большинство видов встречается на низинных болотах.

Растения относятся к 61 семейству, 105 родам. Наиболее представлены семейства Cyperaceae (17 видов), Sphagnaceae (11), Compositae (9), Lamiaceae (8) и Salicaceae (8). Определены самые встречаемые виды, среди них: *Phragmites australis* (22 встречи), *Lysimachia vulgaris* (20), *Carex acuta* (20), *Salix cinerea* (16), *Calamagrostis canescens* (16), *Carex riparia* (15), *Typha latifolia*, *Galium palustre*, *Lysimachia thyrsoiflora*, *Lythrum salicaria*, *Symphytum officinale* (по 14).

Подавляющее большинство видов мхов отмечено на болоте Моховое – 14, из них 11 видов сфагновых мхов.

Согласно долготным группам ареалов среди сосудистых растений преобладают евразийские (34), голарктические (30), евросибирские (13) виды. По зональным группам ареалов преобладают плейстоценовые (85), бореальные (17) и бореально-неморальные (10) виды. По эколого-фенотическим группам виды распределяются следующим образом: лесно-болотные – 21, прибрежно-водные – 20, лугово-болотные – 17, лесные – 13, сорные – 10, водно-болотные – 12, водные – 8. Довольна велика сумма неболотных видов – лесных, луговых, сорных и других сухолюбивых местообитаний – 44 вида, что связано с небольшими размерами болот и их сильным пересыханием в теплое время года, что создает условия для поселения на них «случайных» видов. По



отношению к увлажнению преобладают группы: гигрофиты (56 видов), мезофиты (25), гидрофиты (14), гигромезофиты (13), мезогигрофиты (11), ксеромезофиты (8).

Растительность исследованных болот почти полностью относится к эвтрофному классу, среди которых преобладает травяная группа ассоциаций (45 вариантов и 77 геоботанических описаний). Также многочисленна древесно-травяная группа (12 вариантов). В мезотрофном классе преобладает кустарничково-травяно-моховая группа ассоциаций (3 варианта).

Литература

Саксонов С.В., Сенатор С.А. Путеводитель по Самарской флоре (1851–2011). Флора Волжского бассейна. Т. I. Тольятти: Кассандра, 2012. 511 с.

Сенатор С.А. Болота Самарской области – общая характеристика, особенности, заторфованность // Самарская Лука: проблемы региональной и глобальной экологии. 2016. Т. 25, № 4. С. 44–65.

СЕКЦИЯ 2. РЕСУРСЫ БОЛОТ

ОСОБЕННОСТИ КИСЛОТНО-ОСНОВНЫХ СВОЙСТВ ВЕРХОВЫХ ТОРФОВ ПРИБЕЛОМОРСКОЙ НИЗМЕННОСТИ И ЗАПАДНО - СИБИРСКОЙ РАВНИНЫ

Дайбова Е.Б.¹, Селянина С.Б.², Пономарева Т.И.², Кириллова М.Е.¹

¹Сибирский научно-исследовательский институт сельского хозяйства и торфа – филиал Федерального государственного бюджетного учреждения науки Сибирского федерального научного центра агробиотехнологий Российской академии наук, Томск
edaibova@yandex.ru

²ФГБУН Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики имени академика Н.П. Лаверова Российской академии наук, Архангельск
gumin@fciarctic.ru

Во многих климатических зонах торф довольно распространен и является природным, возобновляемым ресурсом органического происхождения. Торфа верхового типа наиболее представлены на Европейском Севере и в Западной Сибири. Использование торфа в современном сельском хозяйстве имеет важнейшей целью сохранение, увеличение и улучшение почвенного потенциала сельскохозяйственных угодий. Особое агрономическое значение имеют кислотные свойства верховых торфов. Объектом исследования служил верховой торф с олиготрофных болотных массивов, расположенных в пределах Прибеломорской низменности на северо-западе Европейской части России и на Васюганской равнине в центральной части Западной Сибири¹.

Физико-химические свойства определяли общепринятыми в торфопедологии методами. Определение ботанического состава и степени разложения определяли по ГОСТ 28245-89, определение гидролитической кислотности по ГОСТ 27894.1-88, определение активной и обменной кислотности ГОСТ 11623-89, определение влаги ГОСТ 11305-83, сумму поглощенных оснований определяли по методу Каппена-Гильковица.



Исследуемые образцы верхового торфа Западной Сибири и Европейского Севера относятся к верховому моховому типу фускум-торфа с небольшой степенью разложения от 10 до 15 %. Зольность образцов Европейского Севера низкая от 0,88 до 1,67 %, для образцов Западной Сибири немного выше, в пределах от 2,04 до 2,84 %. Диапазоны измерений обменной кислотности для всех образцов практически одинаковы в пределах от 3,42 до 3,82 ед. рН, что свидетельствует о повышенной кислотности. Показатели гидролитической кислотности колеблются в диапазоне от 109,9 до 148,5 ммоль/100г. сухого вещества, гидролитическая кислотность высокая. Сумма поглощенных оснований колеблется в пределах от 29,7 до 49,5 мг-экв/100г., что логично по отношению к гидролитической кислотности. Таким образом, верховые торфа Западной Сибири и Европейского Севера обладают низкой степенью разложения, невысокой зольностью и повышенной обменной и гидролитической кислотностью, а также низкой суммой поглощенных оснований, что свидетельствует о необходимости внесения в исходный торф извести для нейтрализации торфяного субстрата при применении его в сельском хозяйстве.

Проект выполнен при поддержке гранта 18-05-70087 «Разработка инновационных основ использования торфяных ресурсов Арктической зоны РФ».

ВЛИЯНИЕ ГУМИНОВЫХ ВЕЩЕСТВ ТОРФА ИЗ БОЛОТА
ТАГАН ТОМСКОЙ ОБЛАСТИ НА АДАПТИВНЫЕ
ВОЗМОЖНОСТИ ОРГАНИЗМА В ЭКСПЕРИМЕНТЕ

**Зайцев К.В.¹, Проколова А.В.^{1,2}, Гостюхина А.А.¹, Замощина
Т.А.^{1,2,3}, Дорошенко О.С.^{1,2}, Жукова О.Б.¹**

¹ Сибирский федеральный научно-клинический центр
федерального медико-биологического агентства, г. Северск,
Томская область

² Национальный исследовательский Томский государственный
университет, Томск

³ Сибирский государственный медицинский университет, Томск
exper@med.tomsk.ru

Актуальность. Томская область занимает 2 место в Российской Федерации по запасам торфа, что является обширной сырьевой базой для получения гуминовых кислот (ГК). Препараты гуминовой природы обладают иммуностропными, антиоксидантными, дезинтоксикационными, противовоспалительными, адаптогенными и другие свойства. Однако, в литературе нет информации о их влиянии на работоспособность и адаптационные возможности организма.

В связи с этим, целью работы являлось исследовать влияние гуминовых кислот торфа из болота Таган Томской области на адаптивные возможности организма при физических нагрузках в эксперименте.

Материалы и методы. Эксперимент выполнен в осенние время года на 40 половозрелых крысах-самцах породы «Wistar» массой 220–250 г. Животных разделяли на 4 группы: 1 – интактная группа (без воздействия); 2 – крысы подвергались физической нагрузке; 3 – крысы подвергались физической нагрузке и получали физиологический раствор внутривентрикулярно по 0,5 мл на 100 г массы тела; 4 – крысы подвергались физической нагрузке и внутривентрикулярно получали гуминовые кислоты по 0,5 мл 5% раствора на 100 г массы тела. Гуминовые кислоты выделяли раствором натрия гидроксида из низинного древесно-травяного



торфа, отобранного с глубины 50-100 см из болота Таган. Плавательный тест проводили в боксированной установке, с грузом 10 % от массы тела в течение пяти дней подряд. После описанных манипуляций животных тестировали в открытом поле и выводили из эксперимента. В сыворотке крови животных определяли уровень лактата и кортикостерона общепринятыми методами.

Результаты и обсуждение. Пятидневный плавательный тест повышал устойчивость к последующей нагрузке и значительно повышал уровень лактата в сыворотке крови. Введение 0,9% раствора натрия хлорида оптимизировало работоспособность и ускорило формирование тренировочного процесса, не изменив содержание лактата в периферической крови. Введение ГК в еще большей степени стимулировало работоспособность животных, также не влияя на уровень лактата. В открытом поле ГК ослабляли процессы торможения (груминг) в нервной системе животных, активация которых обычно наблюдается в условиях стрессовой ситуации «открытого поля». Такая реакция говорит о стресспротективных свойствах ГК. Статистически значимых изменений содержания гормона кортикостерона у исследуемых групп крыс не обнаружено.

Следовательно, гуминовые кислоты продемонстрировали себя как агенты, способные ускорить тренировочный процесс.

Выводы. Данный образец гуминовых кислот торфа может быть рекомендован в качестве перспективной биологически активной субстанции для разработки фармацевтических препаратов, повышающих работоспособность лиц, специализирующихся в различных видах спорта или занятых тяжелым физическим трудом, в том числе в экстремальных условиях.

ТОРФЯНЫЕ ЛЕЧЕБНЫЕ РЕСУРСЫ СИБИРСКОГО РЕГИОНА:
СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ
ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В МЕДИЦИНЕ

Клопотова Н.Г., Сидорина Н.Г.

Федеральное государственное бюджетное учреждение «Сибирский федеральный научно-клинический центр Федерального медико-биологического агентства», г. Северск, Томская область
sidorinang@med.tomsk.ru

В основе развития современной курортологической отрасли лежит обеспеченность её наиболее экономичной и эффективной ресурсной базой. Физико-географические, климатические условия территории Сибирского региона способствуют преимущественному распространению органических лечебных грязей (торф, сапропели). Особенности процессов торфонакопления, тесно связанные с зональными природными факторами, проявляются в территориальной распространенности на севере в основном торфов верхового типа и низинных – в границах южной и средней тайги. Изученность торфяных ресурсов региона отличается существенной неоднородностью и, в целом, коррелирует со степенью хозяйственного освоения территорий.

Использование торфа как сырья для целей медицины определяется значительным количеством различных классов органических соединений, входящих в состав растений-торфообразователей, оптимальными структурными и тепловыми свойствами. Согласно отечественной и зарубежной курортологической практике, по эффективности торфолечение не уступает другим лечебным грязям. Основным показателем лечебной значимости торфяных грязей используемых в нативном виде является степень разложения (не менее 40 %), содержание органических веществ не менее 50 % от сухого вещества.

Технологии восстановительного лечения с использованием торфа активно разрабатывались с 70-х годов прошлого века, в том числе специалистами Томского НИИ курортологии и физиотерапии, благодаря чему накоплен обширный материал по



торфолечению в санаторно-курортной практике Сибирского региона. К настоящему времени разработаны технологии реабилитации больных с заболеваниями периферической нервной системы, органов дыхания, опорно-двигательного аппарата, пищеварительного системы, гинекологических и андрологических заболеваний, а также оздоровления детей. Опыт торфолечения в сочетании с базисной медикаментозной терапией изложен в монографии «Пелоиды в терапии воспалительных заболеваний лёгких». Доказана хорошая переносимость и высокая эффективность торфолечения у лиц пожилого возраста, устойчивую положительную динамику. Учеными СибГМУ экспериментально установлена эффективность активных гуминовых комплексов, выделенных из торфов верхового типа при лечении ряда кожных заболеваний.

На основе геологических материалов (СНИИГ и МС, г. Томск) оценены прогнозно ресурсы торфяного сырья территорий Томской и Кемеровской областей пригодных для целей медицины, согласно критериям МЗ РФ. В Томской области они составляют 952 млн. м³, значительная часть (627 млн. м³) сосредоточена в границах четырех районов (Томского, Каргасокского, Бакчарского и Зырянского). В основном, это торфа низинного типа пойм и надпойменных террас больших и малых рек. В отдельных из исследованных месторождений установлено проявление антимикробной активности против условно-патогенной микрофлоры, присутствие бактерий, участвующих в процессах гумификации и способствующих накоплению гуминовых и фульвокислот. В торфах месторождений Кемеровской области («Калачевский лог», «Кайла», «Таловское») выявлено присутствие ферментов, активирующих трансформацию органических веществ, терапевтически значимые концентрации витаминов В₆ (пиридоксин), витаминов антимикробного и антигрибкового спектра действия (аскорбиновая кислота, витамин Р (рутин).

Стремительное сокращение объёмов торфодобычи, в том числе и для целей медицины привело к сокращению числа лечебно-профилактических учреждений использующих нативный торф. В Сибирском регионе это санатории Иркутской области: «Усолье»

(торф месторождения «Мальтинское») и «Кедр» (месторождение «Клюквенное»). К настоящему времени возможности применения торфа во внекурортных и амбулаторных условиях значительно расширились благодаря современным технологиям переработки, реализации пакетированных форм, гелей на основе биологически активных гуминовых веществ. Так, для лечения заболеваний опорно-двигательного аппарата, последствий травм костно-мышечной системы и других используются торфяная грязевая паста «Киинская» созданная Российской Академией наук (ИВЭП ДВО) на основе торфа и минеральной воды Мухенских источников, препараты серии «Томед» (НПФ «МАРТ-ЭКО», г. Иваново). В сравнении с традиционным грязелечением преимущество их применения заключается в возможности сочетанного воздействия с физиотерапевтическими процедурами, удобстве хранения и утилизации что, в целом, соответствует рациональному использованию природного ресурса.

ТОРФ КАК ТВЕРДЫЙ НОСИТЕЛЬ ДЛЯ АГРОНОМИЧЕСКИ ЦЕННЫХ БАКТЕРИЙ

Кравец А.В., Акимова Е.Е., Терещенко Н.Н., Минаева О.М.

Сибирский научно-исследовательский институт сельского хозяйства и торфа – филиал СФНЦА РАН, Томск
kravets.alex@mail.ru

В лабораторных и вегетационном опытах исследовали возможность использования торфа как твердого носителя для агрономически ценных бактерий при выращивании пшеницы и ячменя. Использовали *Pseudomonas extremorientalis* и *Aeromonas media*, изолированные из копролитов дождевых червей *Eisenia fetida*, Savigny, которые показали ростостимулирующую активность на семенах зерновых культур. Из линейки торфов были выбраны 4 образца с высокой степенью разложения (от 27,4 до 72,8 %) и нейтральным рН (5,9-6,7). Из четырех выбранных торфов только древесный низинный с рН = 5,7 и степенью разложения



47,8 % обеспечивал заметное стимулирование зеленой массы (+11 %) проростков пшеницы сорта Иргина в лабораторном опыте.

Провели лабораторный эксперимент для оценки влияния торфа как твердого носителя на показатели численности и активности микробных культур на период 2 месячного хранения. Хранили суспензию стерильного торфа; суспензию стерильного торфа совместно с бактериальной культурой *Aeromonas media* и отдельно жидкую культуру *Aeromonas media*. Уже на 22 сутки хранения жидкий препарат на основе использованной бактериальной культуры *Aeromonas media* утратил свои товарные качества (титр бактерий упал на два порядка). В варианте с использованием торфа в качестве носителя численность микробного агента остается на прежнем уровне 10^9 КОЕ/г. На 56 сутки эксперимента численность *Aeromonas media* во всех вариантах уменьшилась, но в варианте с торфяным носителем она осталась на максимально высоком уровне – 10^7 КОЕ/мл. Использование торфа в качестве носителя способствует увеличению сохранности бактериальной культуры, в целом продлевая срок хранения полученного на ее основе бактериального препарата.

Заложили вегетационный опыт с целью сравнения эффективности применения древесного низинного торфа в качестве твердого носителя для двух микробных культур. В качестве тест-объекта использовали семена яровой пшеницы сорта Иргина. Семена пшеницы обработали торфяной пастой, содержащей бактерии, подсушили до воздушно-сухого состояния при +20...+22 °С и выселили во влажную почву. Применение торфа как твердого носителя для монокультур не оказало влияния на всхожесть пшеницы (цифры не отличались). Однако, использование торфа для смеси культур привело к увеличению всхожести пшеницы на 9 % (83 % для жидкой формы и 92 % с твердым носителем). Присутствие торфа привело к увеличению биомассы растений в вариантах с использованием бактерий на твердом носителе по сравнению с параллельным применением бактерий в жидкой форме. Присутствие торфа и *Pseudomonas extremorientalis* увеличило надземную массу пшеницы на 5 %, тогда как торф со смесью бактерий увеличил этот показатель на

15 %. Помимо биометрических показателей и всхожести в вегетационном опыте также анализировали влияние различных способов бактеризации семян пшеницы на пораженность проростков корневыми гнилями. Наиболее отзывчивыми на использование твердой препаративной формы оказались – *Pseudomonas extremorientalis*: в вариантах с применением данных бактерий на торфе показатель развития болезни снизился по сравнению с жидкой формой более чем в 3 раза. Результаты вегетационного опыта позволяют сделать заключение о большей эффективности использования твердой препаративной формы по сравнению с жидкой. При комплексном использовании бактерий торф обеспечивает высокие показатели всхожести семян и надземной массы.

Таким образом, представленные результаты позволяют говорить об эффективности использования торфа как твердого носителя для агрономически ценных бактерий.

ВАРИАБЕЛЬНОСТЬ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ГОРНЫХ ТОРФОВ

Ларина Г.В.¹, Ялбачева О.А.², Кайгородов Е.В.¹, Дайбова Е.Б.³

¹Горно-Алтайский государственный университет, Горно-Алтайск

²Национальный исследовательский Томский государственный университет, Томск

³Сибирский НИИ сельского хозяйства и торфа - филиал СФНЦА РАН, Томск

gal29977787@yandex.ru

Торфяные болота Алтае-Саянской горной страны, изучены фрагментарно относительно равнинных территорий. При достаточно хорошем исследовании радиоуглеродного возраста торфяных отложений Горного Алтая фактически не исследованными остаются состав и свойства высокогорных торфов.

**ТОРФЯНЫЕ БОЛОТА СИБИРИ:
ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ, РЕСУРСЫ, ВОССТАНОВЛЕНИЕ**



Цель исследований: установить наличие дифференциации физико-химических параметров торфов Горного Алтая в пределах высотной поясности горного региона.

Проведенными исследованиями установлено, что глубина залегания может составлять от 10–15 см в Центральном Алтае до 6–7 м в Северо-Восточном Алтае. Максимальная зольность характерна для низинного торфа Юго-Восточного Алтая – 44,7 % (таблица 1). Торф Алтайской горной области характеризуется повышенной и высокой зольностью.

Таблица 1. Ряд физико-химические параметры низинных торфов Алтайской горной области

A, %	pH _{KCl}	Ca ²⁺	H _г	S	ЕП	V, %
		ммоль(экв) / 100 г				
Низинный торф						
Северо-Восточный Алтай						
<u>33,7</u> 18,2- 53,6	<u>5,5</u> 4,4-7,3	<u>27,3</u> 17,5-50,0	<u>67,5</u> 36,0- 102,0	<u>63,4</u> 31,5-97,5	<u>130,9</u> 81-199,5	<u>45,7</u> 0,4- 70,0
Центральный Алтай						
<u>29,5</u> 7,8- 68,0	<u>6,2</u> 5,2-7,5	<u>143,4</u> 82,5- 195,0	<u>10,50</u> 0-24,0	<u>286,1</u> 17,1- 864,5	<u>296,6</u> 22,2- 864,5	<u>92,5</u> 76,5- 100
Юго-Восточный Алтай						
<u>44,7</u> 33,4- 63,2	<u>5,8</u> 4,3-7,2	-	<u>19,1</u> 1,7-37,2	<u>81,5</u> 38,4- 203,0	<u>100,6</u> 44,8- 204,7	<u>74,0</u> 54,0- 99,2

В совокупности зольность торфа, химический состав его минеральной части, кислотно-основные свойства торфа отражают условия водно-минерального режима. Высокая величина зольности характерна для торфа горных котловин Чуйской, Абайской и долины р. Суозар, что объясняется обогащением органического сырья зольными компонентами за счет вторичных эрозионных сносов с окружающих вершин и характером подстилающих минеральных слоев.

Региональные особенности торфогенеза определяют вариабельность физико-химических показателей горных торфов. Нулевая гидролитическая кислотность (H_T) высокозольных абайского и соузаровского торфа при их значительной зольности 41,6 % и 44,0 % связана с насыщенностью указанных торфов щелочно-земельными основаниями ($Ca(II)$ и $Mg(II)$), для которых степень насыщенности (V , %) составляет 99–100 %. Значительно возрастает степень насыщенности основаниями высокогорных торфов (Центральный Алтай и Юго-Восточный Алтай: 93 % и 74 % относительно низкогорного торфа – 45,7 %). Соответственно, для высокогорных образцов характерна низкая гидролитическая кислотность – 10,5 ммоль(экв)/100 г и 19,1 ммоль(экв)/100 г.

Исследованиями выявлено, что обменная кислотность торфов (pH_{KCl}), имеет статистически достоверную связь с содержанием кальция; с увеличением насыщенности торфа кальцием и магнием уменьшается его кислотность. В торфе содержание ионов Ca^{2+} составляют 50–70 % от общего содержания ионов, кальций является регулятором кислотности, биохимических процессов распада растений и признаком типовой принадлежности торфа.

Аномально высокие суммы поглощенных оснований (S) характерны для низинного соузаровского торфа: 437–865 ммоль(экв)/100 г при фактически нулевой гидролитической кислотности (H_T) 0–4 ммоль(экв)/100 г., в связи с чем степень насыщенности основаниями составляет 99–100 %. Торф относится к нейтральному, его обменная кислотность pH_{KCl} 7,4–7,5. Соузаровский болотный массив расположен в депрессивной расширенной долине р. Соузар (Центральный Алтай), глубина торфяных профилей 0–25 см. Высокая насыщенность соузаровского торфа щелочноземельными основаниями (Ca и Mg), связана с грунтовым питанием гидрокарбонатно-кальциевыми водами повышенной минерализации. Указанное обстоятельство подтверждается повышенной минерализацией болотных вод Соузара – 441,6 мг/л и щелочной средой $pH = 7,7$.

Изучение показателей кислотно-основных свойств торфов Алтайской горной области позволит установить особенности генезиса горных торфов. Полученные результаты также



необходимы для выявления возможных направлений практического использования горных торфов.

ВЛИЯНИЕ УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ОБРАБОТКИ НА СОРБЦИОННЫЕ СВОЙСТВА ОСТАТКА ТОРФА И БУРОГО УГЛЯ

Першай Н.С.

Институт природопользования НАН Беларуси, Минск, Беларусь
tasha_com105@tut.by

В Беларуси функционирует более 240 крупных предприятий машиностроения, радиоэлектроники и приборостроения, в составе производственных сточных вод которых содержатся ионы тяжелых металлов. Большинство технологий, которые используются для очистки производственных сточных вод перед сбросом в сети канализации, не обеспечивает требуемой степени очистки и/или приводит к образованию осадков, которые относятся к опасным отходам. Проблемы очищения сточных вод стоят в республике достаточно остро. В свою очередь при производстве жидких гуминовых препаратов из торфа и бурого угля образуется остаток, который не нашел своего применения, но который обладает сорбционными свойствами [1–3]. Этот остаток может быть использован в качестве сырья для получения на его основе сорбционных материалов для удаления ионов тяжелых металлов из сточных вод предприятий.

Цель исследования заключалась в исследовании влияния ультразвуковой обработки на сорбционные свойства остатка от выделения гуминовых веществ из торфа и бурого угля.

В качестве сырья для получения остатков после выделения гуминовых веществ использованы сосново-пушицевый торф Островского месторождения зольностью 2,2 % и степенью разложения 40–45 %; бурый уголь Бриневского месторождения марки Б1 зольностью 19,6 %.

Остатки торфа и бурого угля извлекали путем щелочной обработки NaOH исходного сырья с последующим отделением его

центрифугированием и ступенчатой промывкой. Ультразвуковую обработку проводили на установке ИЛ 100–6/1 с пьезоэлектрическим излучателем.

Исследование влияния величины акустической энергии на значение порога структурообразования остатков позволило установить диапазон, в котором наиболее эффективно происходит разрушение агломератов, – от 200 до 810 кДж/г. Величина порога структурообразования после УЗО выросла в 1,1–2,0 раза с 200 до 375 ммоль $\text{CaCl}_2/\text{дм}^3$, что обусловлено увеличением степени деструкции их частиц и согласуется с результатами микроскопии.

Установлено, что УЗО приводит к снижению полифракционности остатков за счет роста содержания агрегатов размером менее 100 мкм. Размеры их агрегатов при одинаковых условиях обработки снижаются в ряду торф – бурый уголь. Обработка ультразвуком приводит как к деструкции агрегатов остатков (максимальное разрушение фиксируется при мощности УЗО 6,3 кВт/дм³, времени – 60 с), так и к их агломерации. При максимальном разрушении в торфяных остатках присутствуют агрегаты размером 10–100 мкм (22 %) и менее 10 мкм (78 %).

Выявлено, что УЗО приводит к увеличению обменной емкости исследуемых образцов в 2,3 раза, буроугольных – в 3 раза по отношению к ионам Cu^{2+} при рН 7; к ионам Zn^{2+} – в 2,2 раза. Рост их обменной емкости под действием ультразвука связан с увеличением их условной удельной поверхности за счет деструкции крупных агрегатов, что приводит к доступности СООН-групп.

Таким образом, воздействие УЗО на остатки позволяет увеличить их обменную емкость по отношению к ионам меди и цинка более чем в 2 раза.

Литература

1. Сорбционные свойства дегуминизированных каустобиолитов с ионами металлов / И. И. Лиштван, Н. С. Першай, В. П. Стригуцкий [и др.] // Химия твердого топлива. – 2017. – № 5. – С. 46–52.
2. Физико-химические свойства водонерастворимого остатка после щелочного гидролиза каустобиолитов / Н. С. Першай, Ю. Г.



Янута, А. М. Абрамец [и др.] // Природопользование. – 2013. – Вып. 24. – С. 161–167.

3. Першай Н.С., Янута Ю.Г. Новый сорбционный материал из остатков торфа и бурого угля // Природопользование. – 2019. – № 2. – С. 264–273.

**РАЗРАБОТКА СПОСОБА ПОЛУЧЕНИЯ ОЗДОРОВЛЕННЫХ
МИНИКЛУБНЕЙ КАРТОФЕЛЯ СОРТА ЮБИЛЯР С
ПРИМЕНЕНИЕМ ГУМИНОВОГО ПРЕПАРАТА ИЗ ТОРФА**

**Романова М.С., Хаксар Е.В., Леонова Н.И., Новиков О.О.,
Косинова Е.И., Гантимурова А.Н.**

Сибирский НИИ сельского хозяйства и торфа-филиал СФНЦА
РАН, Томск
estrel@yandex.ru

Изучалось влияние различных составов питательной среды на рост и развитие растений картофеля при выращивании *in vitro* и возможности использования биологического удобрения из торфа в разных концентрациях для улучшения адаптации растений к выращиванию в почве для разработки способа получения оздоровленных миниклубней картофеля сорта Юбиляр. Проанализировано влияние различных составов среды на высоту, биомассу, интенсивность ризогенеза, количество листьев и междоузлий оздоровленных микрорастений картофеля, а также гуминового удобрения из торфа Гумостим на приживаемость и высоту растений картофеля при адаптации его к почвенным условиям.

Микрорастения получали из апикальных меристем путем культивирования на искусственных питательных средах. Перед закладкой экспериментов все микрорастения прошли диагностику методом ПЦР в реальном времени в лаборатории по диагностике и контролю качества семенного картофеля. При выращивании микрорастений в качестве контроля использовалась питательная среда Мурасиге-Скуга, модифицированная для микроочеренкования. В качестве опытных составов

рассматривались: среда Мурасиге-Скуга со сниженным в два и три раза содержанием минеральных компонентов. В течение опыта на 3, 7, 14, 21, 28 сутки измеряли показатели, характеризующие развитие растений: приживаемость, длина растения, наличие корня, количество листьев и междоузлий на одно растение. На 28 сутки проводилось измерение общей биомассы растений картофеля. Адаптацию растений к почвенным условиям проводили путем высаживания микрорастений в пластиковые ящики с питательным грунтом. В опытных вариантах растения опрыскивали растворами Гумостима в концентрациях 0,001 и 0,002 %, обрабатывая обе стороны листовой пластинки.

Выявлено, что варианты питательных сред со сниженным содержанием минеральных компонентов статистически значимо увеличивают высоту микрорастений картофеля сорта Юбилар на 28 сутки выращивания по сравнению с контрольным вариантом – на 18 % при содержании минеральных компонентов $\frac{1}{2}$ от нормы и на 25 % при содержании минеральных компонентов $\frac{1}{3}$ от нормы. При использовании питательной среды с половинным содержанием минеральных компонентов на 28 сутки выращивания наблюдалось увеличение числа листьев (на 0,43 шт., или 6 %) и числа междоузлий (на 0,7 шт., или 13 %), с $\frac{1}{3}$ минеральных компонентов увеличение числа междоузлий на 0,59 шт. (11 %). Применение питательной среды с $\frac{1}{2}$ и $\frac{1}{3}$ минеральных компонентов для выращивания оздоровленных растений картофеля сорта Юбилар привело к статистически значимому увеличению массы стебля (на 0,07 г, или 33 %) и, как следствие, к увеличению массы побега (на 0,08 г (26 %) при половинном содержании минеральных компонентов и на 0,07 г (23 %) при содержании минеральных компонентов $\frac{1}{3}$ от нормы), увеличению массы корневой системы (на 0,09 г (82 %) при половинном содержании минеральных компонентов и на 0,04 г (36 %) при содержании минеральных компонентов $\frac{1}{3}$ от нормы). Длина корневой системы микрорастений картофеля сорта Юбилар в варианте с использованием питательной среды с $\frac{1}{2}$ от нормы минеральных компонентов статистически значимо отличалась от контрольных значений в сторону увеличения (на 1,07 см, или 17 %). При



выращивании микрорастений картофеля в лабораторных условиях *in vitro* в вариантах с урезанным содержанием минеральных компонентов ризогенез начался раньше и протекал более активно, чем в контроле. С учетом полученных данных, а также стоимости изучаемых вариантов среды, оптимальной для выращивания микрорастений картофеля в лабораторных условиях *in vitro* является питательная среда с содержанием минеральных компонентов $\frac{1}{3}$ от нормы.

Использование Гумостима в разных концентрациях не оказало влияния на приживаемость растений картофеля, находящихся на этапе адаптации к почвенным условиям. При этом применение данного препарата в концентрации 0,001 % вызвало ускорение роста растений и увеличение их высоты, и данная концентрация рекомендуется для использования.

МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ИЗУЧЕНИЯ СВОЙСТВ ТОРФЯНЫХ ПОЧВ

Рязанцева М.И.

Московский государственный университет имени
М.В.Ломоносова, Москва
ryazmasha@yandex.ru

Репрезентативность данных при экологических исследованиях во многом зависит от методических особенностей их изучения. Одна из таких особенностей – условия и сроки хранения торфяных образцов, отобранных в различных климатических условиях. Также при исследовании биологической активности торфяных почв возникают сложности для приготовления представительных образцов на этапе пробоподготовки, поскольку общепринятых и стандартных методик для измельчения и гомогенизации торфяных проб не установлено. Исследованиям хранения посвящено множество работ (в основном для минеральных почв), гораздо меньше внимания уделено пробоподготовке образцов, при этом во всех исследованиях авторы говорят о важности данных этапов и их влиянии на свойства почв.

Целью данной работы стало изучение влияния сроков хранения и различных типов измельчения на микробиологическую активность образцов торфяных почв. Образцы отбирались в различных экосистемах Надымского района, ЯНАО в августе 2019 и 2020 года. Исследовались два типа образцов: олиготрофный (торфяно-олиготрофно мерзлотная почва) и эутрофный (торфяная деструктивная почва). Эксперимент с хранением включал в себя оценку биологической активности образцов торфа методом базального дыхания (БД) через 1, 2, 5 и 12 недель после закладывания образцов в криостаты при температурах $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$, $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$, $+4\text{ }^{\circ}\text{C}$ и $+25\text{ }^{\circ}\text{C}$. Серия экспериментов пробоподготовки образцов заключалась в оценке влияния различных видов измельчения на биологическую активность образцов торфа методами базального (БД) и субстрат-индуцированного дыхания (СИД) [Ананьева, 1993]. Для измельчения использовались следующие приборы: ножницы канцелярские, сита диаметром 2-5 мм, лабораторный блендер фирмы Waring, тёрка бытовая, почвенная мельница фирмы Retch. В качестве контроля взят интактный, неизмельченный образец. Все исследования проведены для образцов естественной влажности в 5-кратной повторности. Контрольные значения БД исследованных образцов торфа разного типа значительно отличаются. Для эутрофных торфов в среднем характерны низкие величины БД, составляющие около $1\text{ мкгС-СО}_2/\text{г почвы в час}$, а для олиготрофных $14.3\text{ мкгС-СО}_2/\text{г почвы в час}$. У эутрофных образцов с течением времени наблюдалось увеличение базального дыхания при всех температурах хранения, при этом для температуры хранения $+25\text{ }^{\circ}\text{C}$ значения БД были максимальны. У олиготрофных образцов на первых двух неделях наблюдались схожие тенденции прироста БД для всех температур.

К концу пятой недели максимальный прирост БД установлен для образцов, хранящихся при $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($18.7\text{ мкг С-СО}_2/\text{г почвы в час}$).

Эксперимент по изучению влияния измельчения на свойства образцов торфа разного типа показал, что наибольшее воздействие оказывает мельница, значения БД и СИД увеличиваются более чем в 2-5 раз в зависимости от типа образца, наименьший эффект



оказывает измельчение ножницами (увеличение в 1.2-1.5 раза). Использование сита, терки или блендера оказывает средний эффект, увеличивая показатели в 2-3 раза.

Таким образом, показано, что температура хранения и тип пробоподготовки оказывает существенное влияние на свойства торфяных почв, эффект при этом может зависеть и от типа торфа. Так, для эуτροφных образцов наибольший эффект от хранения показывает температура +25°C, в то время как для олиготрофных образцов -20 °С. Минимальный эффект на торфяные образцы при их пробоподготовке оказывает измельчение ножницами.

РЕСУРСНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ВЕРХОВЫХ БОЛОТ
ПРИБЕЛОМОРСКОЙ НИЗМЕННОСТИ И ЗАПАДНО-
СИБИРСКОЙ РАВНИНЫ

**Селянина С.Б.¹, Татаринцева В.Г.¹, Пономарева Т.И.¹,
Дайбова Е.Б.², Кириллова М.Е.², Ярыгина О.Н.¹**

¹ФГБУН Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики имени академика Н.П. Лаверова Уральского отделения Российской академии наук, Архангельск

gumin@fciarctic.ru

²Сибирский научно-исследовательский институт сельского хозяйства и торфа – филиал Федерального государственного бюджетного учреждения науки Сибирского федерального научного центра агроботехнологий Российской академии наук, Томск

edaibova@yandex.ru

В настоящее время в мире наблюдается повышенный интерес к освоению северных территорий. Это сопряжено с вовлечением в хозяйственный оборот заболоченных земель, доля которых доходит до 40-50 % в отдельных регионах. К таким относится Прибеломорская низменность и Западно-Сибирская равнина. Если в Западной Сибири освоение торфяных ресурсов достаточно динамично развивается, то в европейской части Севера России болота традиционно используются для сбора дикоросов и как места

охоты, а получение на основе торфа топлива, субстратов для сельского хозяйства и других ценных продуктов практически отсутствует. Наиболее широко на европейском Севере распространены олиготрофные болота, поэтому именно они наиболее интересны для анализа перспектив использования торфа региона.

Исследованы верховые залежи, сложенные преимущественно медиум-торфом, подвергавшиеся гидромелиорации. Согласно аттестованной методике (ФР.1.31.2018.29621) выполнен анализ группового химического состава органического вещества и характеристика образцов торфа в соответствии с действующими стандартами.

Сравнительный анализ образцов верхового торфа показал, что для месторождений Прибеломорья характерна меньшая степень разложения, но при этом близость моря наряду с осушением приводит к росту показателя до значений, свойственных торфу Западной Сибири. При этом в составе органического вещества последних доля легкогидролизуемой и водорастворимой части значительно выше, что указывает на большую биодоступность ОВ и, соответственно, пригодность к сельскохозяйственному использованию в качестве основы для почвогрунтов. Существенные различия выявлены в характере дефрагментации растительных остатков, что проявляется в меньшей насыпной плотностной и более высоких сорбционных свойствах торфа Прибеломорской низменности.

Выявленные региональные тенденции указывают, что наиболее перспективным направлением переработки верхового торфа Прибеломорской низменности следует считать производство сорбционных материалов, а сельскохозяйственное использование возможно лишь после достаточно продолжительного осушения, тогда как верховые торфяники Западной Сибири интересны в качестве ресурса для получения почвенных субстратов.



ТОРФА АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЫ РОССИИ – ПОТЕНЦИАЛЬНЫЙ
ИСТОЧНИК ПОЛЕЗНЫХ ПРОДУКТОВ

**Серебренникова О.В.¹, Селянина С.Б.², Русских И.В.¹,
Стрельникова Е.Б.¹**

¹ФГБУН Институт химии нефти СО РАН, Томск
rus@ipc.tsc.ru

²Федеральный исследовательский центр комплексного изучения
Арктики РАН, Архангельск
gumin@fciactic.ru

Торфяные отложения Арктической зоны России отличаются особенностями фотосинтеза растений-торфообразователей и замедленной биогеотрансформацией их остатков в условиях холодного климата [1, 2]. В экстремальных условиях Севера растения интенсивно синтезируют соединения, обладающие различными защитными функциями, и хорошо сохраняются в торфяной залежи. Оптимальные методы переработки торфа с целью его рационального применения предполагают предварительную оценку каждой залежи на наличие биологически активных и других органических соединений. Цель данной работы – исследование состава липидов торфа арктической зоны России – потенциального источника полезных продуктов.

В торфах десяти залежей, расположенных в пределах материковой части Ненецкого АО, Мезенского, Приморского и Онежского районов Архангельской области, а также трех залежей на островах Белого (Немецкий Кузов) и Баренцева (Колгуев и Большой Цинковый) морей исследованы состав и содержание стероидов, ациклических и циклических терпеноидов, *n*-алканов, жирных кислот, алканонов и полизамещенных фенолов (рис.).

СЕКЦИЯ 2. РЕСУРСЫ БОЛОТ

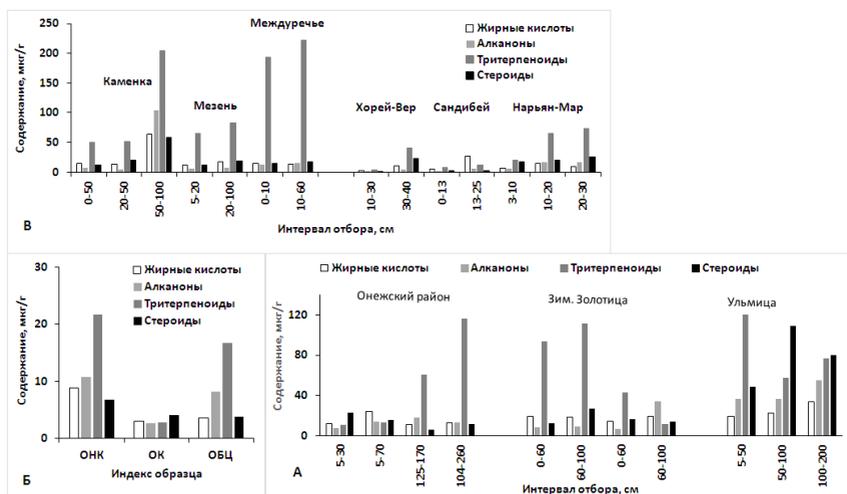


Рисунок. Распределение основных групп липидов в торфах Онежского и Приморского районов (А), островов Белого и Баренцева морей (Б), Мезенского района и Ненецкого АО (В)

Показано возрастание в пределах большинства залежей содержания пентациклических терпеноидов с увеличением глубины захоронения торфа. В нижних частях залежей появляются ароматизированные стероиды. В северном и восточном направлениях снижаются концентрации ациклических дитерпеноидов. Существенное снижение содержания в торфе всех идентифицированных групп липидов наблюдается в Заполярье. Выявлены перспективные участки, характеризующиеся наличием торфа с повышенным содержанием биологически активных компонентов:

- Торфа залежи в районе р. Ульмица Приморского района обогащены ситостеролом, способным снижать повреждение ДНК и уровень свободных радикалов, и применяемым при заболеваниях сердца, гиперхолестеринемии, модуляции иммунной системы, в профилактике онкологических заболеваний и дитерпеноидами пимаранового типа, проявляющими вазорелаксантное действие. В торфах, залегающих вблизи р. Зимняя Золотица, повышено



содержание α - и β -амиринов и их кетозамещенных производных, проявляющих противосудорожный, антидепрессивный, гастро- и гепатопротекторный эффекты.

- Из торфа залежи в левобережье р. Мезень могут быть извлечены заметные количества ситостерола и общепризнанного антиоксиданта – токоферола, а также широко применяемой в косметике бегеновой кислоты и алканонов, которые могут быть использованы в различных отраслях промышленности. Кроме того, в торфах Мезенского района зафиксировано максимальное количество тараксерона, оказывающего на человеческий организм анальгетическое и противовоспалительное действие.

- В торфах нижней части Онежской залежи отмечено высокое содержание лупенона – представителя тритерпеноидов лупанового типа, использование которых в терапии приводит к снижению риска развития рака.

- В приповерхностном торфе залежи вблизи г. Нарьян-Мар в заметной концентрации присутствует усниновая кислота, обладающая антимикробным действием, в нижней части залежи – производные ланостерола, которые могут быть использованы для создания препаратов, способствующих предотвращению нейродегенеративных заболеваний.

Результаты исследований получены в рамках государственного задания ИХН СО РАН и по проекту РФФИ (18-05-70087)

Литература

1 Лиштван И.И., Цыганов А.Р., Томсон А.Э., Стригуцкий В.П., Соколова Т.В., Пехтерева В.С., Прохоров С.Г., Селянина С.Б., Труфанова М.В. // ХТТ. 2017. № 5. С. 34.

2 Серебренникова, О.В., Стрельникова Е.Б., Русских И.В. // Химия растительного сырья. 2019. № 3. С. 225.

**ФЛУОРЕСЦЕНЦИЯ ВОДНЫХ РАСТВОРОВ ГУМИНОВЫХ
КИСЛОТ ТОРФА И ГУМИНОВЫХ ПРЕПАРАТОВ**

Соколова И.В.¹, Солоха А.А.¹, Скобцова К.А.¹, Селянина С.Б.²

¹Национальный исследовательский Томский государственный
университет, Томск
sokolova@phys.tsu.ru

²ФГБУН Федеральный исследовательский центр комплексного
изучения Арктики им. академика Н.П. Лаверова РАН, Архангельск
smssb@yandex.ru

Гуминовые вещества (ГВ) – одна из наиболее сложных для изучения групп природных соединений и их многочисленные функции изучены еще явно недостаточно. Их спектрально-люминесцентные и фотохимические свойства изучены еще недостаточно, хотя и известно, что гуминовые вещества могут поглощать свет и переносить световую энергию к другим компонентам водных растворов. Известно о способности таких веществ производить активные формы кислорода после облучения. Исследование спектрально-люминесцентных свойств гуминовых веществ чрезвычайно актуально, так как позволяет выяснить влияние оптических излучений естественного и техногенного происхождения на окружающую среду.

Целью работы являлось изучение флуоресцентных свойств гуминовых кислот (ГК), полученных из образцов торфа низинного и верхового типа месторождения «Тёмное» Томской области. Вторая группа исследованных ГК выделена из обезбитуминированного верхового торфа с различной влажностью в Мезенском районе Архангельской области. Изучены также стандартные коммерческие препараты гуминовых кислот Aldrich и ООО "АгроТехГумат", Иркутск, Россия.

Получено, что исследуемые образцы ГК существенно отличаются по свойствам от гуминовых препаратов, что связано с различными условиями формирования, а также соотношением органических структур в их составе. Сравнение спектрально-люминесцентных свойств ГК, выделенных из низинного и



верхового торфов, выявило их существенные различия, определяющиеся степенью разложения. Для образцов ГК из Архангельской области обнаружена зависимость спектров поглощения и флуоресценции от продолжительности высушивания, и глубины залегания. Чем дольше продолжительность высушивания образцов, тем меньше оптическая плотность спектров поглощения. В процессе гумификации и с увеличением продолжительности высушивания торфа интенсивность флуоресценции ГК возрастает. Обнаружена зависимость спектров флуоресценции исследованных образцов от длины волны возбуждения флуоресценции.

Работа поддержана грантом РФФИ № 18-05-60151 и Минобрнауки РФ, проект № 0721-2020-0033.

**ВЛИЯНИЕ ОСУШЕНИЯ НА ГРУППОВОЙ СОСТАВ
ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА ВЕРХОВОГО ТОРФА
ЕВРОПЕЙСКОГО СЕВЕРА РОССИИ**

**Татаринцева В.Г., Селянина С.Б., Ярыгина О.Н.,
Пономарева Т.И.**

ФГБУН Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики имени академика Н.П. Лаверова Уральского отделения Российской академии наук, Архангельск
leratatarintseva@gmail.com

В связи с увеличением антропогенной нагрузки, а также глобальными климатическими изменениями экологический мониторинг природных систем становится одной из главных задач современного общества. Это особо значимо для экосистем, находящихся в экстремальных климатических условиях, поскольку уязвимая северная природа очень чутко реагирует на любые воздействия извне, будь то влияние человека или изменения природных факторов. Болотные экосистемы широко распространены на северных территориях России, причем большую часть занимают болота верхового типа. Основным источником водного питания верховых болот являются

атмосферные осадки, поэтому смена климатических условий и сопряженные с этим изменения гидрологического режима влияют как на состояние болота в целом, так и на свойства его компонентов. Проведение мелиорации также влияет на водный режим болота – происходят не только значительные изменения в видовом составе растительных сообществ, но и наблюдается деградация торфяного слоя. Изучение группового состава торфяных отложений, сформированных в разных гидрологических условиях, позволит глубже проникнуть в процессы трансформации органического вещества северных болот и определить возможные последствия изменения климата и вмешательства человека.

Объектом исследования служили образцы верхового торфа, отобранные летом 2020 года на типичном для европейского севера России Иласского болотного массива (Приморский район Архангельской области) с градацией по глубине залегания и гидрологическим условиям (естественный, осушенный и вторично заболоченный участки). Групповой состав определяли по аттестованной авторской методике, основанной на последовательном выделении компонентов торфа с последующим количественным определением весовым методом; влажность и зольность торфа определяли по ГОСТ 11305-83 и 11306-83; степень разложения – по ГОСТ 28245-89.

Все исследуемые образцы отличаются низкой зольностью, характерной для торфа верхового типа, с тенденцией к повышению (с 0,8-1,8 % до 2,4 %) на осушенном участке. Содержание битуминозных компонентов в торфе осушенного участка невысоко, но значительно варьируется по глубине залегания – для верхних слоев содержание битумов составляет 4,5 %, в то время как для более глубоких горизонтов их массовая доля достигает 10 %. Торф ненарушенных участков в целом отличается невысоким содержанием этой группы веществ, резких изменений по глубине залегания не наблюдается и содержание варьирует в пределах 3,9-6,6 %. При этом происходит повышение массовой доли гуминовых веществ за счет легкогидролизуемой части, тогда как содержание трудногидролизуемых и негидролизуемых веществ практически не меняется. Выявленные закономерности указывают на



интенсификацию процессов минерализации лабильных компонентов торфа в результате снижения уровня грунтовых вод при достаточно высокой сохранности термодинамически устойчивых соединений.

Исследование выполнено при финансовой поддержке Минобрнауки России в рамках темы № АААА-А18-118012390224-1 и РФФИ в рамках научных проектов № 20-35-90037 и 18-05-60151.

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ТОРФА В КАЧЕСТВЕ
ОСНОВЫ ИСКУССТВЕННОГО ГРУНТА ПРИ
МОДЕЛИРОВАНИИ МИНИ-ЭКОСИСТЕМ

**Терещенко Н.Н., Зюбанова Т.И., Кравец А.В., Акимова Е.Е.,
Минаева О.М., Петрова Т.М.**

Сибирский НИИ сельского хозяйства и торфа-филиал СФНЦА
РАН, Томск
ternat@mail.ru

Одним из перспективных путей решения проблемы наращивания производства продуктов питания для постоянно растущего населения планеты на фоне стремительно сокращающихся земельных ресурсов является разработка принципиально новых альтернативных методов производства растениеводческой продукции, в том числе в условиях закрытого грунта. Фундаментальной основой технологической оптимизации параметров культивирования растений и вывода продукционного процесса конкретной культуры на максимум ее генетических возможностей может стать разработка искусственных мини-экосистем, основанных на воспроизведении природоподобных процессов, предполагающих сбалансированность и совмещение в одном объеме процессов продукции растений и редукции органических отходов, инициированных непосредственно в зоне ризосферы растений за счет введения в зону редукции технологичных дождевых червей.

В качестве субстрата для корневого модуля можно использовать верховой торф, отличающийся волокнистым

строением, высокой сорбционной способностью, позволяющей насыщать его питательными элементами. Торф также может стать прекрасным поглотителем жидких и полужидких органических отходов, обеспечивая оптимальные водно-воздушные условия для активного течения процессов микробиологической биоконверсии отходов и успешной интродукции дождевых червей.

Для решения задачи определения оптимальной концентрации органических отходов (навоз крупного рогатого скота) в составе торфонавозного субстрата был проведен лабораторный модельный эксперимент с возрастающей дозой навоза КРС от 10 до 50 %. После периода предварительного компостирования в субстрат массой 800 г интродуцировали дождевых червей *Eisenia fetida*, Savigny, в количестве 10 особей / сосудобъемом 2 литра. Через 7 суток после интродукции червей в субстрат высадили семена салата листового (*Lactuca sativa* L.) Контейнеры с высаженными растениями размещали в условиях климатической камеры с 12-часовым фотопериодом при дневной температуре +20...+22 °С и ночной +15...+17 °С. Продолжительность выращивания растений – 50 суток.

В конце опыта вариант с 50 % навоза в составе субстрата выделялся значительно менее активным ростом растений салата. Количество листьев у растений в данном варианте было почти в 2 раза меньше, чем у растений в вариантах с 20 % и 10 % навоза. Все варианты, где применяли дозы навоза меньше 50 %, по количеству листьев статистически между собой не различались, но все достоверно различались с вариантом с 50 % навоза. При этом наибольшее количество листьев было отмечено у растений, выращенных в субстрате с 10 % и 20 % навоза. То есть, показана обратная зависимость между дозой навоза в субстрате и величиной урожая зеленой массы растений салата.

Анализ популяции дождевых червей в субстрате в конце опыта показал, что выживаемость взрослых особей, интродуцированных в торфонавозный субстрат, закономерно возрастает с увеличением количества навоза в субстрате. Количество ювенильных особей и отложенных коконов также закономерно возрастает с увеличением количества навоза в субстрате. Максимальный коэффициент



размножения червей, выраженный как количество коконов на одного половозрелого червя в конце опыта, был характерен для люмбрицид, интродуцированных в вариант с максимальным (50 %) количеством навоза. Примечательно, что различия в 20 % и 30 % навоза в субстрате практически не повлияли на коэффициент размножения червей в соответствующих вариантах опыта.

Согласно результатам модельных исследований верховой торф может стать приемлемой основой для субстрата корневого блока мини-экосистемы, а введение в зону редукции дождевых червей не оказывает негативного воздействия на растения листового салата при условии использования в качестве энергетического субстрата для червей навоза КРС в количествах, не превышающих 10–20 % от общего объема субстрата.

ХАРАКТЕРИСТИКА ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА ТОРФОРАЗРАБОТОК

Тимофеева Ю.Р.

Центральный музей почвоведения им. В.В. Докучаева – филиал
ФГБНУ ФИЦ «Почвенный институт им. В.В. Докучаева»,

Санкт-Петербург
tima204@yandex.ru

Болотные экосистемы являются неотъемлемой частью Ленинградской области. Они занимают около 13 % от площади области, выполняя важные экологические и средообразующие функции. Однако, в последние десятилетия структура и функционирование части болотных экосистем существенно изменились под влиянием хозяйственной деятельности человека. Болота чутко реагируют на любое антропогенное воздействие, которое всегда приводит к тем или иным изменениям водного режима территории, структуры растительных сообществ и почвенного покрова, а также экосистем на прилегающих территориях.

Наиболее мощное воздействие на болотные системы оказывают работы по добыче торфов. В результате

торфоразработок происходит коренное изменение водного режима обширной территории, уничтожение части торфяной залежи и перераспределение в оставшейся толще торфа влаги, минерализация оказавшихся на поверхности глубоких слоев торфа, формирование нового типа ландшафта. Учитывая, что на территории области находится более 1700 торфяных месторождений проблема оценки динамики почвенного покрова торфоразработок приобретает особую остроту.

Изучение состава и структуры почвенного покрова территории выработанных торфяников проходило в трех районах Ленинградской области в окрестностях следующих населенных пунктов: пос. Селиваново (Волховский район); пос. Красава (Тихвинский район); дер. Городец (Лужский район). На двух участках разработка торфяной толщи прекращена в конце 90-х годов, на третьем (дер. Городец) продолжается разработка, однако участок обследования представлял собой заброшенную территорию.

Исследуемые участки на территории торфоразработок представлены фрагментами с частично или полностью удаленной торфяной толщей, реже с сохранившимся естественным почвенным покровом. Они образованы в результате добычи торфа фрезерным способом и прерываются мелиоративными канавами и дорогами.

В результате исследования выявлено, что компонентный состав и структура почвенного покрова территории бывших торфоразработок имеет схожие черты. Компонентный состав почвенного покрова исследованных участков представлен 5 группами:

- почвами, схожими по строению с естественными торфяными олиготрофными и эутрофными почвами, но с измененным водным режимом;
- антропогенно-преобразованными торфяными почвами – стратифицированными, абрадированными и турбированными, либо стратоземами на торфяных почвах;
- вновь формирующимися почвами, почвообразующими породами для которых являются глубокие слои торфяной залежи,



оказавшиеся в результате антропогенной деятельности на поверхности;

- почвами первичного ствола почвообразования, почвообразующими породами для которых является минеральный грунт, привнесенный в результате строительства дорог или оказавшийся на поверхности в результате заложения мелиоративной сети;

- непочвенные образования.

Структура почвенного покрова территории выработанных торфяников также однотипна для всех изученных участков. Крупные ареалы почв, формирующихся на глубоких слоях торфа, оказавшихся в результате антропогенной деятельности на поверхности, имеют размеры до 500х500м. Они прорезаны или оконтурены линейными ареалами почв дорожной и мелиоративной сети – стратифицированными, абрадированными и турбированными торфяными почвами, стратоземами на естественных торфяниках, почвами первичного ствола почвообразования и непочвенными образованиями.

Учитывая контрастный характер разных почвообразующих пород – глубоких слоев торфа, привезенного грунта для строительства дорог и пород, вынутых при строительстве мелиоративных канав можно говорить о формировании техногенной мозаики. Границы торфоразработок, как правило, имеют прямоугольные формы и четкие границы, а их внутренний ячеисто-прямоугольный рисунок позволяет безошибочно диагностировать по космоснимкам техногенные мозаики почвенного покрова территорий, на которых проводилась добыча торфа.

Таким образом, добыча торфа влечет за собой кардинальные изменения в почвенном покрове обширных территорий. Единый контур олиготрофных торфяных почв, характерных для верховых болот области преобразуется в техногенную мозаику, преобладающими компонентами которых являются торфоземы, а также стратифицированные почвы и стратоземы. Антропогенное воздействие является основной причиной дифференциации толщи торфа и образования новых форм рельефа. Относительно однородный ландшафт торфяного болота сменяется на

отрицательные формы рельефа в виде котлована и канав и наоборот, возвышающиеся дороги и кавальеры канав.

ПРИМЕНЕНИЕ ПРЕПАРАТА ИЗ НИЗИННОГО ТОРФА В АКВАКУЛЬТУРЕ

Удинцев С.Н., Жилиякова Т.П.

Сибирский НИИ сельского хозяйства и торфа-филиал СФНЦА
РАН, Томск
doctorus1955@rambler.ru

Для производства качественного рыбопосадочного материала в аквакультуре требуется применение технологий, направленных на снижение заболеваемости и смертности и повышение эффективности выращивания молоди. Данные литературы свидетельствует, что использование для этой цели биологически активных гуминовых соединений адаптирует мальков рыбы к стрессам, способствует снижению их гибели и заболеваемости, повышает темпы роста.

Показано, что гуминовые соединения (ГС) являются эффективными средствами детоксикации воды от тяжелых металлов и органических поллютантов, защищая рыб от токсического действия кадмия, свинца, ртути, цинка, алюминия и железа. Добавление ГС в среду обитания снижало гибель рыбы, уровень повреждения жабер, предупреждало нарушение ионорегуляции, улучшало усвоение кислорода (Osman et al., 2009, Topal et al., 2013, 2014, Mager et al., 2010, Hammock et al., 2003, Vuorinen et al., 1999). Препараты на основе ГС применяются не только для предупреждения заболеваний у объектов аквакультуры, но и в лечебных целях. Раствор ГС в виде ванн избавляет рыб от эктопаразитов, а также снижает уровень стрессирования рыбы, развивающегося в результате последующего отлова и транспортировки (Noor El-Deen et al., 2010, 2015, Steinberg et al., 2008). ГС применяются для обработки икры с целью снижения ее поражения различными инфекциями (Steinberg, 2003; Meinelt et al., 2001). Meinelt T. et al. (2008) рассматривают ГС как альтернативу



традиционным препаратам, применяемым для профилактики и лечения заболеваний у рыбы.

В эксперименте на молоди карпа использовали гуминовую кормовую добавку Гумитон, полученную из низинного торфа Томской области, с содержанием гуминовых кислот 1 %. Было сформировано 8 групп рыб: 1 контрольная и 3 опытные, каждая в двух повторностях. Гумитон вводили в среду обитания молоди рыб, содержание гуминовых кислот в воде опытных группах составило: 2×10^{-5} , 4×10^{-6} и 8×10^{-7} %. В лабораторном эксперименте использовали молодь карпа (*Cyprinus carpio*) с исходной массой 338 мг производства ООО «Беловское рыбное хозяйство» Кемеровской области. Рыба содержалась в пластиковых емкостях с рабочим объемом 30 л, без постоянного протока воды. Температура воды составляла 21-23 °С, уровень содержания кислорода 6,48-6,66 мг/л. Кормление рыбы осуществлялось сбалансированным сухим кормом Sorrens Advance 10 раз в сутки. Эффективные дозы препарата были отобраны в предварительных модельных экспериментах на молоди аквариумной рыбы сома мешкожаберного (*Heteropneustes fossilis*). В динамике оценивали физико-химические показатели воды – жёсткость, содержание нитратов, рН среды. Гибель рыбы и визуальную оценку ее физиологических показателей проводили ежедневно.

В ходе эксперимента уровень оксигенации, содержание нитратов, жесткость и рН воды во всех группах существенно не менялись. Выживаемость рыбы в контрольной группе составила 92,5 %, при концентрациях гуминовых кислот 1 и 2 - 99,2 %, при концентрации 3 гибели не отмечено. Наибольший эффект Гумитона проявился в первую неделю эксперимента: масса молоди опытных групп увеличилась по сравнению с контрольной на 6,4 % (концентрация 1), 15,9 % (концентрация 2) и 20,5 % (концентрация 3); длина на 5,5, 10,1 и 9,6 % соответственно. После трех недель эксперимента лучшие показатели продуктивности были отмечены при концентрациях 2×10^{-5} и 8×10^{-7} % гуминовых кислот: средняя масса по сравнению с контролем увеличилась соответственно на 20,5 и 15,2 %, длина на 4,1 и 2,4 %, эффективность набора массы в 1,95 и 1,71 раза, упитанность по Фультону составила 3,2.

АДСОРБЦИЯ ОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ НА ГУМИНОВЫХ КИСЛОТАХ

Федорова А.А.¹, Соколова И.В.¹, Селянина С.Б.²

¹Национальный исследовательский Томский государственный университет, Томск

Stasy_fedorova@mail.ru

²ФГБУН Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики им. академика Н.П. Лаверова РАН, Архангельск
smssb@yandex.ru

Для очистки водных сред, загрязненных разнообразными отходами производств и химических процессов, применяется множество материалов естественного и искусственного происхождения: песок, глины, древесина, активированные угли, в т. ч. сорбенты на основе торфа. В последние годы гуминовая кислота (ГК) широко используется в качестве адсорбента для удаления загрязнителей из воды. Целью данной работы является исследование адсорбционной способности ГК по отношению к ряду органических соединений.

В качестве объектов исследования использовали гуминовые кислоты, полученные из образцов торфа низинного и верхового типа месторождения «Тёмное» Томской области. Вторая группа, исследованных ГК выделена из обезбитуминированного верхового торфа с различной влажностью в Мезенском районе Архангельской области. Изучены также стандартные коммерческие препараты гуминовых кислот Aldrich и ООО "АгроТехГумат", Иркутск, Россия.

Выявлено, что активными адсорбционными центрами в ГК являются функциональные группы: карбоксильные, фенольные гидроксилы, глюкозидные ароматические фрагменты. Поскольку ГК имеют высокое содержание, вышеперечисленных групп, то они обладают повышенной адсорбционной способностью. Показано, что адсорбционная способность ГК по отношению к полярным соединениям (спирты, сложные и циклические эфиры, ароматические, кетоны) выше, чем к неполярным адсорбатам (алканы, алкены).



Работа поддержана Минобрнауки РФ, проект № 0721-2020-0033.

СОСТОЯНИЕ ТОРФЯНЫХ РЕСУРСОВ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ТОРФЯНОЙ ОТРАСЛИ В ТОМСКОЙ ОБЛАСТИ

Харанжевская Ю.А.

Сибирский НИИ сельского хозяйства и торфа-филиал СФНЦА
РАН, Томск
kharan@yandex.ru

Мировая потребность в торфе имеет четко выраженную тенденцию к неуклонному росту, поэтому торф является предметом экспорта. По оценкам BusinesStat (<https://businessstat.ru>), в 2019 г Россия являлась чистым экспортером торфа, а объем чистого экспорта составил 188,7 тыс. т торфа. Торф экспортируется в Германию, Польшу, Болгарию, Афганистан, Доминиканскую Республику. По данным НП «Росторф», 2014 запасы торфа в России оцениваются в 175 млрд. тонн. Согласно данным (Торфяные месторождения, 1998) на территории Томской области выявлено 1444 торфяных месторождений с общей площадью в границах промышленной залежи 7988209 га и запасами торфа 30881412 тыс. т.

В Западной Сибири, обладающей большими ресурсами торфа, и в Томской области в частности, заинтересованность в использовании торфа также возрастает, но его реальная добыча до сих пор находится на начальном этапе. Причиной этого является целый ряд проблем: во-первых – слабое развитие инфраструктуры, не точность оценки торфяных ресурсов в условиях современной аккумуляции торфа и прогрессирующего заболачивания территории в пределах естественных болот и деструкции торфа на осушенных участках; во-вторых – слабая изученность показателей качества торфяного сырья, что является актуальным и для ранее разведанных торфяных месторождений в связи с трансформацией свойств торфа в результате осушения. Детальная разведка отдельных торфяных месторождений проводилась 30-40 лет назад, с того времени данные о запасах и свойствах торфяных ресурсов практически не

обновлялись и на современном этапе не соответствуют действительности. Поэтому, в настоящее время возникает необходимость актуализации информации о состоянии торфяных месторождений, паспортизации осушенных, использовавшихся в сельском хозяйстве, подготовленных к добыче и частично выработанных месторождений. С другой стороны, болота играют важную роль в динамике глобального цикла углерода и официально внесены Климатической конвенцией в объекты учета. Ратификация Парижского соглашения в России и реализация Указа Президента РФ № 666 требует разработку мероприятий по снижению выбросов парниковых газов, в том числе с поверхности нарушенных болот. Поэтому в дальнейшем нарушенные болота могут быть интересны бизнесу с точки зрения реализации квот на углерод и создания карбоновых полигонов.

**ПЕРСПЕКТИВНАЯ БЕЗОТХОДНАЯ КОМПЛЕКСНАЯ
ПЕРЕРАБОТКА ТОРФА МЕХАНОХИМИЧЕСКИХ СПОСОБОМ
С ПОЛУЧЕНИЕМ ИННОВАЦИОННЫХ ПРОДУКТОВ**

Юдина Н.В., Савельева А.В.

ФГБУН Институт химии нефти СО РАН, Томск
natal@ipc.tsc.ru, anna@ipc.tsc.ru

Перестройка промышленности с ориентировкой на самоокупаемость, повышение требований к качеству продукции, интенсификация технологических процессов, переход на ресурсосберегающее производство неразрывно связаны с научно-техническим прогрессом и ускорением внедрения достижений науки в практику.

В основе разработанного способа лежит предварительная твердофазная механодеструкция торфа. Механохимическая активация является новым рациональным методом комплексной переработки торфа. В первую очередь для получения органических и органоминеральных удобрений, биостимуляторов и ростовых веществ. Недостатками традиционной технологии переработки торфа, основанной на процессе гидролиза органической массы торфа



в присутствии щелочи, является использование значительных количеств растворителей, низкая степень извлечения даже при многократном экстрагировании.

Механообработка торфа позволяет получить сразу готовый продукт с заданными свойствами: повысить выход и селективность по целевому продукту, обладающему высокой реакционной способностью и биологической активностью; исключить использование органических и неорганических растворителей; снизить энергетические затраты; сделать экологически безопасными крупномасштабные производства. Биотехнология комплексной переработки торфа предполагает получение продуктов из сфагнового верхового торфа (фускум-торф, магелланикум-торф, сфагново-мочажинный торф, зольность не более 5 %).

Препараты, полученные механохимическим способом, содержат 3-5 % щелочного реагента. Использовать их можно в сухом гранулированном или растворенном виде. Нерастворимая часть торфа может служить активатором структуры почвы. Продукты механоактивации в виде водорастворимых гуматов обладают высокой реакционной способностью и биологической активностью, что обеспечивает снижение требуемой нормы для обработки растений и уменьшение его себестоимости в 2-3 раза по сравнению с существующими аналогами. Биостимуляторы, полученные по данной технологии, способны выполнять функцию цитокинина и могут применяться в биотехнологии в качестве фитогормонов для инициации морфогенетических процессов на клеточном уровне (*in vitro*). Модифицирование торфа методом механоактивации в присутствии отходов водоочистки – оксидгидроксида железа повышает его сорбционные характеристики по отношению к нефти и тяжелым металлам. Полученный торфяной мелиорант может использоваться для рекультивации нефтезагрязненных почв, на стадиях доочистки сточных вод от органических загрязнений и тяжелых металлов и на открытых водоемах для их очистки от нефти и нефтепродуктов. Высокое содержание биологически активных веществ и микроэлементов в торфе, позволяет также получать липидную субстанцию и энтеросорбент в одной технологической линии из верхового механообработанного торфа.

**СЕКЦИЯ 3. ОХРАНА И ВОССТАНОВЛЕНИЕ ТОРФЯНЫХ
БОЛОТ**

**QUANTIFYING ECOSYSTEM SERVICES OF PEATLAND IN THE
PERSPECTIVE OF THEIR RESTORATION – CASE STUDY OF
THE TRANSBOUNDARY NEMAN RIVER CATCHMENT**

Stachowicz M., Manton M., Grygoruk M.

Warsaw University of Life Sciences, Poland

Marta_Stachowicz@sggw.edu.pl

Human activity has contributed to the degradation of peatlands globally, mainly due to drainage for agriculture and forestry. Research on peatland ecosystem services and the climate change has highlighted the need to restore these ecosystems. There is an ongoing debate on the cost-effectiveness of peatland restoration and the impact of these measures on recovering peatland functions. The aim of this study was to evaluate selected regulating ecosystem services of peatlands in the Neman River catchment in the perspective of their restoration and to estimate potential economic benefit resulting from these measures. Ecosystem services were quantified as a trade-off between the management and environmental conservation. The following ecosystem services were quantified: water retention, nutrient removal and carbon sequestration. In this study, we analysed the Neman peatland database and applied the scenario of rewetting drained peatlands through blocking the drainage ditches existing within their boundaries. We estimated the costs of restoration in order to obtain net water retention value. It was found that the restoration of drained peatlands in the Neman catchment could increase water retention by 253.5 M m³, which corresponds to 1.5 % of the total annual Neman discharge. This amounts to an estimated net water retention value of 123.5 M EUR · year⁻¹. We revealed that the potential economic benefit from retained water due to rewetting drained peatlands in the research area exceeds 12 times the costs of restoration. It was also found that the total loss of nitrogen from the upland areas in the Neman basin is 724.3 M kg TN · year⁻¹, of which 311.5 M kg TN · year⁻¹ is removed by wetland buffer zones. This allows



to draw a conclusion, that restoration of peatlands could significantly contribute to the reduction of nitrogen load reaching the Baltic Sea. The final results of the research will also include calculations of phosphorus removal rate by peatlands and will be completed by the time of the conference. While natural peatlands act as a carbon sink, the degraded sites emit CO₂ in the process of oxidation and therefore, they may contribute to the global warming phenomenon. Rewetting and restoration of degraded peatlands, as well as conservation of the pristine peatlands are crucial for the adaptation to the climate change. We revealed that the total mass of carbon sequestered by peatlands in the research area is 1.8 M t C · year⁻¹ and the calculated value of this ecosystem service is 47.8 M EUR · year⁻¹. The results from cost-benefit analysis indicate that the costs incurred for the restoration of peatlands in the Neman catchment are an investment for the future, especially considering the benefits delivered from other peatland ecosystem services that were not included in the calculations. However, the results are estimates and due to the data quality and adopted assumptions, they may be subject to error. An in-depth analysis and assessment of long-term effectiveness of restoration of peatlands is necessary to obtain more accurate results and to establish proper restoration plans.

VEGETATION SUCCESSION AND PAST TROPHY OF FORSHORE MIRES IN HUMIC LAKES, NE POLAND

Drzymulska D., Zieliński P.

Faculty of Biology, University of Białystok, Poland
drzym@uwb.edu.pl

Humic lakes are characterized by catchments covered with peat and/or overgrown by coniferous forests, the presence of Sphagnum carpets in the vicinity of water bodies, the high content of humic substances (HS), low calcium content, low pH (4.5-6.0), small algal biomass and poor taxonomic biodiversity.

Humic lakes are typical of the boreal zone. In northeastern Poland they occur in the Wigry National Park (WNP), where climate and vegetation cover just alike this territory to the Scandinavian conditions.

These ecosystems have been studied in detail using hydrobiological methods, which have confirmed their dystrophic status. Less attention, however, has been focused on their evolution. To complement these deficiencies of knowledge we aimed in this study: (i) to reconstruct the lakeside vegetation and habitat conditions in the vicinity of the studied water bodies; (ii) to identify developmental tendencies of humic lakes.

Material for the study was collected from the lakesides of three dystrophic lakes, using a Russian sampler. In our study we used analysis of macrofossil plant remains in peat, determination of peat decomposition degree, and geochemical analyses of peat (fixing of C/N parameter), as well as radiocarbon datings of selected sediment samples to determine the age of lake developmental phases.

We stated that three studied humic lakes originated in the different periods of the Holocene. The age of bottom sediments was 5,000-4,900 cal BP in LSIV (the Subboreal period), 9,880-9,670 cal BP in LSch (the Boreal period), and 8615-8505 cal BP in LW (the Atlantic period).

In total, remains of 31 plant taxa were recognised in sediments from Lake Suchar IV, 28 – from Lake Sucharek, and 27 – from Lake Widne. Basing on the botanical composition of peat, its units were named. Two peat units identified in the LSIV profile were Sphagnum peat, and Sphagnum peat with Pinus. Mean value C/N was 23,01. Three peat units described in the LSch profile were Cariceto-Phragmiteti peat, Cariceto-Phragmiteti peat with wood, and Carex-Sphagnum peat. Mean value of C/N was 30,66. Whereas, in the LW profile poor fen Sphagnum peat, Cariceto-Phragmiteti peat, and Carex-Sphagnum peat were noted. Mean value of C/N was 66,43. The C/N parameter is used to determine the domination of autogenic or allogenic sources of organic matter in sediments. The C/N ratio for aquatic plants, phytoplankton and zooplankton is 10 or below, whereas that for terrestrial plants exceeds 10 and can be as high as 45–50. The sediments from the LW core comprise fen peat. The highest value of the C/N ratio in the profiles studied was noted in the LW core, and this suggests a higher proportion of terrestrial organic matter in the sediments, especially those of reedswamp origin.

The subfossil plant community succession differed in each of the lake shores studied. Three different developmental tendencies of studied



water bodies were described: towards bog vegetation in the marginal zone (in LSIV), what seems to typical for humic lake, towards transitional mire vegetation (in LSch), and towards fen vegetation (in LW).

OVERVIEW OF MIRE RESTORATION WORK IN NORWAY

Pål Martin Eid

Norwegian Environment Agency, Norway
pal.martin.eid@miljodir.no

Mire restoration in Norway started as a regional pilot project in 2013. Throughout the pilot phase, ending in 2020, the project expanded to a national level. Based on the experience obtained from the pilot, a national restoration scheme will begin in 2021. By 2020, about 450 hectares of mire has been restored. Starting in 2013, the mire restoration program has developed thru the years. There has been a development regarding everything in the process of mire restoration, from the planning and legal subjects to the use of different methods of restoration and different methods of monitoring the restoration project sites. Norway has a very diverse set of mire types, from oceanic to continental due to the long coastline and northern location. All over the country there has been an intensive use of mires for agriculture, forestry and infrastructure development. The main goal of the national project has been to restore drained mires that has no use today, for example mires drained for forestry 60 years ago, but with no commercially usable forest production. A wide variety of mire types have been restored. Alkaline fens, blanket bogs, raised bogs of different types, oceanic and continental types of bogs. The project has further restored both abandoned peat mining areas, mires formerly used for agriculture and mires used for forestry. Every project has been unique and increased our experience with the complex discipline of wetland restoration. The great variation of mire-types demands a lot of different techniques for optimal restoration result. The use of contour bunding is used extensively, combined with peat-dams, ditch in-filling, reprofiling of the peat as well as dams reinforced with timber and fabric. We are also experimenting

with the back-filling of old peat-mines with excess peat from industrial development sites. By this last technique we hope to completely rebuild raised bogs damaged thru peat extraction. The years of the pilot project have been used to build competence. Without the building and use of an international network, the project would not have developed as far and fast as it has. Norway has gained much knowledge from Finland, United Kingdom and Estonia in particular. But also from Sweden, Denmark, Poland, Germany and Holland. Additionally, Norway is involved in peatland restoration in Indonesia, by co-financing projects throughout Indonesia. Thru 2020, the national project has restored 452 ha of mire, distributed on 80 project sites – or mires throughout the country. As Norway has a rough terrain, there are no big mires compared to our neighbouring countries. This results in many smaller projects scattered around the country. From 2021 and onward the mire restoration project will be part of a wetland restoration project with scopes beyond mire restoration. In the new national restoration scheme, other important and threatened wetlands will be restored – swamp forests or different types, river deltas, salt-marshes, beaches, and more.

**ОРГАНИЗАЦИЯ КОМПЛЕКСНОГО МОНИТОРИНГА
БОЛЬШОГО ВАСЮГАНСКОГО БОЛОТА. ЦЕЛИ И
ПЕРСПЕКТИВЫ**

Головацкая Е.А.

Институт мониторинга климатических и экологических систем
Сибирского отделения Российской Академии наук, Томск
golovatskayaea@gmail.com

Большое Васюганское болото (БВБ) (крупнейшая болотная система северного полушария) расположено на территории Западной Сибири. Оно занимает весьма существенные пространства на территории Обь-Иртышского междуречья и простирается между 55°35' и 58°40' с.ш., 74°30' и 83°30' в.д. Протяженность болота с запада на восток около 550 км, с севера на юг в осевой части в среднем 50-80 км, с учетом отрогов или «языков» – до 270 км. Площадь Большого Васюганского болота



более 55 тыс. км², что составляет около 2 % общей площади торфяных болот всего мира. Абсолютные отметки поверхности занятых болотами водораздельных пространств 130-150 м. Возраст – 10 000 лет, Средняя глубина торфяной залежи – 2.4 м, Максимальная глубина – 7 м. Однако следует отметить, что название БВБ не совсем точно. Так по существу БВБ это целая система болотных массивов, объединенных в единую структуру.

БВБ представляет собой целостную, генетически и экологически взаимосвязанную систему достаточных размеров, которая: отражает процессы развития болотных экосистем от начала голоцена до настоящего времени; включает местообитания типичной флоры и фауны региона, редких и исчезающих видов животных и растений, а также ключевые местообитания мигрирующих и кочующих видов животных; является «хранителем» ценной палеогеографической и палеоэкологической информации; а также является мощным климаторегулирующим объектом. Отсутствие населенных пунктов и трудная доступность этой территории обеспечивают высокий уровень сохранности экосистем и их биологического разнообразия.

Такие уникальные объекты, как БВБ, необходимо изучать, а так как крупные экосистемы достаточно медленно реагируют на изменения окружающей среды, то необходима организация длительного мониторинга. Наблюдать за таким огромным объектом весьма сложно, поэтому часто используется иерархический подход: проводятся исследования на ключевых участках, которые являются репрезентативными для какой-либо части исследуемой территории. На основании этих исследований выявляются региональные особенности, которые затем можно распространить на более крупные площади, используя, картирование, методы дистанционного зондирования и т.д. Но при этом необходимо предварительно разработать систему мониторинга, в которой было бы строго регламентировано какие измерения, с какой периодичностью проводятся на каждом уровне начиная с пунктов наблюдения и заканчивая глобальным уровнем.

В настоящее время, несмотря на довольно многочисленные исследования болот все равно ощущается нехватка фактического

материала для понимания всех механизмов взаимодействия болотных экосистем и окружающей среды. Для получения экспериментальных данных необходимо проводить регулярные мониторинговые исследования функционирования болотных экосистем. Организация комплексного мониторинга (включающего исследования биосферных функций болот, метеорологических параметров, парниковых газов, гидрологических характеристик и т.д.) позволит собрать более полную информацию о процессах взаимодействия болота и окружающей среды, в условиях изменяющегося климата. И в дальнейшем, с использованием математического моделирования, оценить пути развития, как самой болотной системы, так и изменения во взаимоотношениях болота и окружающей среды.

ПРОЕКТЫ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ТОРФЯНЫХ БОЛОТ КАК
МЕРОПРИЯТИЯ НА ПУТИ К НИЗКОУГЛЕРОДНОМУ
РАЗВИТИЮ

Минаева Т.Ю.

Институт Лесоведения РАН, Москва
Югорский государственный университет/
Wetlands International
Care for Ecosystems
tatiana.minaeva@wetlands.org

Рекультивация земель после осушения торфяных болот путем вторичного их заболачивания имеет все большее значение в качестве мер по смягчению изменений климата, основанных на природных технологиях. В связи с попытками внедрить восстановление торфяных болот России в качестве мероприятия на пути к низкоуглеродному развитию согласно Указу Президента РФ № 666, возникает необходимость разъяснения принципов учета сокращения выбросов парниковых газов в данных проектах. В докладе мы хотели бы дать ответы на наиболее часто возникающие вопросы.



Почему болота выгодны для карбоновых проектов?

Естественное болото является небольшим поглотителем углерода. Например, для верхового болота в умеренной зоне, поглощение не превышает -0.9 - -1.2 тонн экв. CO₂ в год на га. Лес в естественном состоянии поглощает больше, чем болото. Ситуация резко меняется в ходе природопользования. При вырубке леса мы теряем запас углерода в виде биомассы и сокращаем поглощение углекислого газа. При осушении болота и торфодобыче мы теряем запас углерода в виде биомассы и торфа, сокращаем поглощение, и создаем огромный источник парниковых газов (ПГ) на многие годы. Суммарная эмиссия с нарушенных болот от 8 до 15 тонн экв. CO₂ в год на га. Если нарушается болото на многолетне-мерзлых породах (ММП) добавляется еще столько-же тонн ПГ в год за счет таяния ММП. Поэтому восстанавливая болото, мы получаем двойной выигрыш – сокращаем источник ПГ и получаем поглотитель.

Учитываются ли болота в РКИК ООН и Парижском соглашении? Торфяные болота официально включены Климатической конвенцией в объекты учета. Порядок учета сокращений ПГ при восстановлении болот прописан в Руководстве МГЭИК (Дополнение «Водно-болотные угодья 2014 года <https://www.ipcc.ch/publication/2013-supplement-to-the-2006-ipcc-guidelines-for-national-greenhouse-gas-inventories-wetlands/>) и в национальных методиках (Распоряжение Министерства природных ресурсов и экологии РФ от 30 июня 2017 г. N 20-р О методических указаниях по количественному определению объема поглощения парниковых газов (с изменениями и дополнениями от: 27 декабря 2018 г.)). Болота входят в национальную отчётность РФ с 2019 года и формулировка в ОНУВ Парижскому соглашению от РФ позволяет отчитываться по сокращениям из всех источников, включая болота.

Восстановление нарушенных болот интегрировано в практику природопользования. Типовой проект по восстановлению осушенного болота в умеренной зоне включает перекрытие дренажной сети для насыщения торфа водой. В основном это проекты на землях торфодобычи и сельского

хозяйства в Европейской части России. При этом часть наземных классов переходит из сухих земель в увлажненные. Проекты в умеренной зоне реализуется более 20 лет и имеют хорошую методическую основу. Проекты, связанные с другими типами землепользования (строительство площадных и линейных объектов), которые более распространены в Арктике и в Сибири не так хорошо обоснованы методически и с точки зрения вклада в сокращение выбросов.

Зачет сокращение эмиссии в таком проекте верифицируется. Верификация возможна на основе придания факторов эмиссии на естественных, нарушенных и восстановленных участках. Для верификации проекта необходимо показать, что источник в результате проекта будет переведен в поглотитель и будет поддерживаться в таком состоянии не менее 30 лет. Верификация происходит на основе мониторинга изменений классов земельного покрова участка в ходе реализации проекта и сравнении с участками в естественном состоянии.

Каждому классу должен быть придан фактор эмиссии путем прямых измерений на естественных, нарушенных и восстановленных участках и определен запас углерода и баланса потоков парниковых газов (разница между поглощением и эмиссией).

Запас углерода – дает информацию о потенциале участка в качестве источника ПГ. Источники ПГ учитываются в национальной отчетности. Ненарушенный запас углерода учитывается **ТОЛЬКО С ТОЧКИ ЗРЕНИЯ ОПАСНОСТИ ПЕРЕХОДА В ИСТОЧНИКИ**. Запас углерода не является предметом отчетности. По изменению соотношения площадей земельных классов с разными факторами эмиссии можно судить об изменении суммарной эмиссии с участка в результате проекта. Восстановление экосистемы принимается как действие по сокращению эмиссии. Поскольку восстановление болота занимает время, необходимо прогнозное моделирование и регулярный аудит на основе результатов мониторинга и сравнения с естественным и осушенным участками.



Зная эти принципы, регионы и хозяйственные субъекты могут включать мероприятия по вторичному заболачиванию осушенных болот в качестве карбоновых проектов. Интеграция практики восстановления болот в региональные климатические стратегии отрабатывается в проектах «Восстановление торфяных болот в России в целях предотвращения пожаров и смягчения изменений климата», финансируемого в рамках Международной инициативы по защите климата Федеральным министерством окружающей среды, охраны природы и ядерной безопасности Федеративной Республики Германия и управляемого через Германский банк развития KfW и «К устойчивости болотных экосистем Арктики путем интегрального управления и восстановления» РФФИ 20-54-71002 при поддержке Фонда Бельмонтский форум. Материал подготовлен при поддержке внутреннего гранта Югорского государственного университета № 17-02-07/63.

АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТ ПО ВТОРИЧНОМУ ОБВОДНЕНИЮ ТОРФЯНИКОВ ТВЕРСКОЙ ОБЛАСТИ С ПОМОЩЬЮ ДАННЫХ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ

Орлов Т.В.¹, Шахматов К.Л.²

¹Институт геоэкологии им. Е.М. Сергеева РАН, Москва

²Тверской государственной технической университет, Тверь
tim.orlov@gmail.com, krl81@list.ru

На территории центральной части Российской федерации сохранилось огромное количество осушенных торфяных месторождений, имеющих негативное влияние на экологию целых регионов в виде выбросов парниковых газов, а также регулярно возникающих здесь пожарах. Начиная с 2010-2011 гг. в центральной России начался проект по вторичному обводнению нарушенных торфяников (PeatRUS), который реализуется пока вб регионах и на сегодня обводнено около 64 тыс. га осушенных территорий. Сейчас можно проанализировать некоторые первичные результаты и при необходимости внести корректировки, а также разработать рекомендации для будущих проектов.

Вследствии их значительных площадей и сложности проходимости используются космический мониторинг для получения площадной картины поверхности, а также малые беспилотные летательные аппараты для контроля локальных участков.

Основной целью данного исследования является использование и сопоставление разных методов дистанционного зондирования земли для анализа динамики поверхностного покрова вторично обводненных торфяников как одного из главных показателей качества реализованных проектов.

Объектом исследований является торфяное месторождение Оршинский мох, на котором было обводнено 5400 га.

Для анализа использовались спутниковые данные (Corona, Landsat 1-5,7,8, Sentinel 2A, Planet, Дрон DJI Phantom 4, термоточки NASA FIRMS), с 1970 г. когда здесь велась активная добыча торфа фрезерным способом. Снимки в разные периоды и с разных источников демонстрируют динамику изменения поверхности торфяника, а также позволяют выстроить иерархию по качеству изображения и пространственному разрешению.

На рассматриваемой территории было выделено четыре мониторинговых площадки 100*100 м для детального анализа изменений и сбора как полевых данных (гидрологических, ботанических, основных свойств торфа и др.), так и дистанционного зондирования. Площадки располагаются на территории разных типов растительных сообществ, что позволяет изучать изменения на каждом из них. Также они приурочены к проектам, реализованным в разное время, что позволяет оценить процесс вторичного обводнения и восстановления болотных экосистем на разных этапах.

Беспилотные летательные аппараты были использованы для получения качественных изображений поверхности с разрешением 2 см/пикс.

Анализ данных PlanetScore показывает увеличение участков с новой растительностью с 2016 года на 15,6 %, а площадь, занятая открытой водой, увеличилась на 3,5 % исследуемой территории. Также установлено, что большая часть новой растительности



приурочена к сильно обводненным участкам и является влаголюбивой.

Самое большое количество пожаров на рассматриваемом участке было зарегистрировано в период 2002-2008 г. – 700 очагов за 8 лет, в период с 2009-2014 гг. – 600 очагов. После 2015 года пожаров не было зафиксировано. Среднегодовое количество осадков в рассматриваемые годы было выше, чем после 2015 года. Это может свидетельствовать о высокой эффективности реализованного проекта вторичного обводнения.

Таким образом, данные дистанционного зондирования могут быть использованы для качественного мониторинга восстановления торфяников; использование иерархически организованных данных позволяет улучшить результаты наблюдений; данные с разрешением 3 м/пикс дают более детальные результаты; анализ динамики поверхностного покрова т/м Оршинский мох выявил несколько эффектов:

- значительное уменьшение торфяных пожаров (после 2015 года пожары не были зарегистрированы);
- увеличение новых зон с открытой водой на 3,5% от исследуемой территории;
- увеличение новых районов с влаголюбивой растительностью на 15% от исследуемой территории.

INFLUENCE OF DURATIVE DRAINAGE MELIORATION ON THE SOIL INVERTEBRATES (THE LENINGRAD REGION)

Pyatina E. V.¹, Kasatkina G. A.²

¹V. V. Dokuchaev Soil Science Institute, Saint Petersburg

²Saint Petersburg State University, Saint Petersburg

kat1977kat@gmail.com

The soil-zoological research took place in 2018 on the territory of the hydromeliorative biological station "Malinovsky" of Lisinsky research and testing forest plantation which had been drained in 1973-1974 (B. V. Babikov, S. G. Shurigin, 2006).

To compare the influence of the drainage melioration on the fauna of large soil invertebrates some analogic biotops were chosen on the territory of the "Malinovsky" research station and in the nearest forest massive that hadn't undergone any drainage yet.

The vegetative cover of the drained plot of land is represented by pine, greenmoss sphagnum on the boggy ground-sphagnum pine grove. According to the classification of 1977, the soil of the ground is peat-slash-and-burn, gley on the tape clays.

The registration of the number of the soil mesofauna was held during three periods (May, July, September) by 4 times as much repetition using the method of manual taking off the soil samples 1/16 m² in size layer by layer up to 10 cm deep: the undercover of 0-10 cm. The registration of the herpetobionts was conducted in September by soil traps.

The mesopedofauna of the researched plots of land is characterized by low numbers, poor constitution of species and groups. 138 types of geobionts and 435 types of herpetobionts have been collected all together.

The average number of the mesofauna of the boggy ground made 120 typ./m² in July up to 204 typ./m² in May. The insects (51%) and the arachnids (28%) make the base of the soil population.

The average number of the soil invertebrates on the drained ground composed 64 typ./m² with the largest density of population in May (108 typ./m²).

The insects (56%) make the base of the soil population as well as on the boggy ground. The density of the spider's population (31 %) is also identical to the density on the boggy ground. The representatives of gasrtropod mollusks are absent on this ground.

The analysis of the trophic structure has shown that the number of predators is relatively high on the both plots of land-42-66 % on the drained and boggy land and the share of saprophages is only 6 and 10% in accordance with that.

The layer by layer registration of the invertebrates helped to state that 90 % of the animals on the drained plot of land is concentrated in the undercover whilst just 74 % of the collected animals have been marked on the boggy ground.



The registration with a help of the traps has shown that the dynamic number of the invertebrates on the drained ground is doubled comparing to the boggy ground (403 and 218 types, 100 around the clock traps).

45 years after the drainage melioration the small number of the saprophages signalizes the necessity of additional complex activities for drainage by means of using mineral fertilizers and the rain worms on purpose to accelerate mineralization of the organic matter of the plants which make peat.

ОЦЕНКА НАРУШЕННОСТИ БОЛОТ БЕЛАРУСИ

Ратникова О.Н.

Института природопользования НАН Беларуси, Минск, Беларусь
30bpeatlands@mail.ru

Нарушенные болота утрачивают способность выполнять естественные биосферные и природно-хозяйственные функции, что приводит к экологическому и экономическому ущербу, а также возникновению потенциальной возможности пожаров.

Отсутствие ранее четких критериев по оценке нарушенности болот не позволяло определить мероприятия экологической реабилитации, обеспечивающие восстановление их биосферных функций, в том числе ежегодный прирост растений-торфообразователей и накопления торфа. На основании проведенных исследований 2012–2019 гг. с применением стационарных инструментальных измерений впервые научно обоснованы критерии и параметры оценки категории нарушенности болот разного генезиса и разработана «Методика оценки категории нарушенности торфяных месторождений Беларуси» с выделением четырёх категорий: I – не нарушенные, II – слабо нарушенные, III – средне нарушенные, IV – сильно нарушенные. Для выявления данных категорий обоснован комплекс критериев, включающий степень осушения торфяного месторождения, среднемноголетние уровни грунтовых вод (УГВ) и амплитуды их колебания, проективное покрытие поверхности болотными фитоценозами [1].

Установленные зависимости проективного покрытия поверхности торфяника болотными фитоценозами от среднеголетних значений УГВ и параметров УГВ от степени осушения болота, позволяют сделать выводы, что процесс торфообразования может иметь место, если степень осушения торфяника не превышает 35 %, а среднеголетнее значение УГВ не более 0,20 м ниже поверхности земли с амплитудами колебания до 0,5 м при проективном покрытии поверхности болотными фитоценозами более 60 %. Такие условия являются оптимальными для произрастания болотных фитоценозов и соответствуют болотам I и II категорий нарушенности.

На торфяниках III категории нарушенности создаются критические условия для процесса торфообразования, которые характеризуются следующими параметрами: степень осушения – 36–60 %, среднеголетнее значение УГВ 0,21–0,40 м с амплитудами колебания 0,46–1,00 м, проективное покрытие поверхности болотными фитоценозами 41–60 %. Значения параметров III категории нарушенности торфяника не соответствуют условиям развития процессов образования и накопления торфа – они являются критическими для произрастания болотных фитоценозов.

Торфяник IV категории нарушенности имеет степень осушения 61–100 % со среднеголетним УГВ 0,41–0,90 м ниже поверхности земли, проективное покрытие болотными фитоценозами 0–40 % – данные территории не способны к самовосстановлению болотных фитоценозов. Участки III и IV категории рекомендуются для экологической реабилитации.

В Республики Беларусь созданы не только методологические основы оценки категории нарушенности болот, но и дополнены ранее разработанные рекомендации по использованию торфяников каждой категории нарушенности. Представлены основные цели, общие положения, порядок и правила выполнения работ экологической реабилитации нарушенных торфяников [2]. Ужесточены меры по сохранению уникальных болотных экосистем [3, 4].



Стратегия экологической реабилитации нарушенных торфяников зависит от условий конкретной территории, т.е. от ее геоморфологии, рельефа, типа торфяного месторождения, условий водного питания, подстилающих грунтов и др. Основной целью ее планирования является поднятие УГВ равномерно по всей площади восстанавливаемого участка. При этом необходимо стремиться к средним значениям УГВ более 0,20 м ниже поверхности земли, что позволит предотвратить торфяные пожары, улучшить региональную экологическую обстановку, создать условия для восстановления мест обитания охраняемых и ценных видов флоры и фауны. В дальнейшей перспективе природоохранное направление использования восстановленной территории приведет к восстановлению: биосферных функций болота (аккумулятивной, биологической, ландшафтной, межкруговоротной, газорегуляторной, гидрологической, геохимической, климатической); природно-хозяйственных функций болота (ресурсно-сырьевой, информационно-исторической, культурно-рекреационной); стабилизации экологической обстановки в районе расположения торфяного месторождения [5].

Литература

1. Тановицкая Н. И. Методика оценки нарушенности торфяных месторождений / Н. И. Тановицкая, О. Н. Ратникова // Природопользование: сб. науч. тр. / Ин-т природопользования НАН Беларуси. – Минск, 2017. – Вып. 31. – С. 94–104.

2. Методические рекомендации по экологической реабилитации нарушенных болот и по предотвращению нарушений гидрологического режима болотных экосистем при осушительных работах / Науч. - практ. центр по биоресурсам НАН Беларуси, Ин-т природопользования НАН Беларуси; сост.: А. В. Козулин, Н. И. Тановицкая, И. Н. Вершицкая. – Минск: Альтиора – Живые краски, 2010. – 37 с.

3. Постановление Совета Министров Республики Беларусь от 30 дек. 2015 г. № 1111 «О Стратегии сохранения и рационального (устойчивого) использования торфяников» и «О Схеме распределения торфяников по направлениям использования на период до 2030 г.». URL:

<http://www.pravo.by/document/?guid=12551&p0=C21501111&p1=1&p5=0> (дата обращения: 02.11.2020).

4. Закон Республики Беларусь «Об охране и использовании торфяников» от 18 дек. 2019 г. № 272-З. URL: https://pravo.by/upload/docs/op/H11900272_1577394000.pdf (дата обращения: 20.11.2020).

5. Бамбалов Н. Н. Роль болот в биосфере / Н. Н. Бамбалов, В. А. Ракович. – Мн.: Бел. наука, 2005. – 208 с.

CHARACTERIZATION OF PEAT DEPOSIT USING GROUND PENETRATING RADAR: SURVEY EXPERIMENTS AND DATA INTERPRETATION

Sinyutkina A.A.

Siberian Federal Scientific Centre of Agro-Bio Technologies of the Russian Academy of Sciences, Siberian Research Institute of Agriculture and Peat, Tomsk
ankalaeva@yandex.ru

The ground penetrating radar (GPR) method is an efficient tool for the estimation of a peat deposit's depth and properties. GPR can be used to distinguish layers with differences in the bulk density, degree of decomposition, and volumetric water content. In contrast to the manual peat coring method, using GPR we can get a continual data array along a GPR trace in a shorter amount of time without losing any data quality. However, point manual data is necessary for correct GPR data interpretation. The vertical resolution and depth of the GPR data are influenced by the electromagnetic wave frequency of the antenna.

The goal of the study is to show the possibilities of different wave frequency antenna applications for the estimation of the depth of a peat deposit and the detection of peat layers with different physical characteristics. We employed a GPR system called “OKO-2” (“Logical systems”, Russia) with 90 MHz, 250 MHz, and 700 MHz shielded antennas. The surveys were conducted from 2017–2020 within the pristine and drained raised bogs and swamp forest in the south taiga subzone of Western Siberia. The objects are the Bakchar and Ikksa bogs



(south-east spurs of the Great Vasyugan Mire) and the Kolpashevo and Ust-Bakchar bogs. We carried out a survey of long traces (several kilometers) with a displacement sensor using all antennas in the winter and a point survey of the short traces (several meters) using the 700 MHz antenna in the summer. The data processing was carried out with the GeoScan32 V.2.6 software (“Logical systems”, Russia).

The most universal antenna from the viewpoint of both the vertical resolution and survey depth is the 250 MHz antenna. Four separate GPR complexes with a characteristic wave field distribution are confidently distinguished on the radargram. GPR complexes correspond to layers of snow, sphagnum and grass-sphagnum fibric peat, hemic and sapric peat, and mineral subsoil (clay and clay loam). We obtained an accuracy of several centimeters for the peat layer depth in comparison with manual measuring. However, the depth of penetration is limited by the peat moisture and reflection losses from a material with large reflection coefficients, such as clay. The depth of the penetration of the 250 MHz antenna of the wet peat deposit is 2 m for a 100 ns time window and 4 m for a 200 ns time window. Thus, the use of a 250 MHz antenna is limited by a peat deposit depth of 4 m, and the use of 90 MHz for the survey of a peat deposit at 4–8 m depth is necessary despite the smaller vertical resolution.

We used the 700 MHz antenna with a 24–48 ns time window for a detailed survey of the upper layer of the peat deposit to estimate the spatial differentiation of the peat properties of both hummocks and lows within the drained sites of the raised bogs. The data interpretation results showed that the sensitive zone of the GPR survey is 0.1–1 m. We could detect the depth of the high bulk density peat layer formed under the drainage effect and estimate the mean peat accumulation rate after the drainage.

Thus, the use of the GPR approach is effective in assessing the depth of a peat deposit, the depth of the boundary between fibric, hemic, and sapric peat layers, and the detailed characteristics of the peat deposit upper layer.

The research was carried out with financial support of the RSF in the framework of the scientific project No. 19-77-00010 and the RFBR in the framework of the scientific project No. 18-35-00387

ОБЗОР РЕЗУЛЬТАТОВ ЦЕЛЕНАПРАВЛЕННОГО 10-ЛЕТНЕГО
ОБВОДНЕНИЯ НАРУШЕННЫХ БОЛОТ В РОССИИ

Шахматов К.Л.

Тверской государственной технической университет, Тверь
kr181@list.ru

В Российской Федерации существуют значительные площади осушенных торфяников, оставшихся после длительного периода добычи торфа, которые на сегодняшний день представляют повышенную пожарную опасность и являются источником парниковых газов. Пожары 2008-2010 годов стали причиной широкомасштабных работ по вторичному обводнению, поддерживаемых в рамках проекта Международной инициативы по защите климата "Восстановление торфяных болот в России в целях предотвращения пожаров и смягчения изменений климата" (PeatRus).

Основными целями работ было повторное обводнение выработанных торфяников разными способами, изучение возможности использования этих площадей для выращивания влаголюбивых культур, оценка их продуктивности и экономических вопросов производства продукции на ее основе.

В презентации будут рассмотрены следующие вопросы:

- во-первых, обзор основных подходов к обводнению торфяников, использованных в России, принципиально отличающихся друг от друга, оценка эффективности каждого из них с учетом экономических затрат, сложности выполнения, сезонной устойчивостью конструкций (сооружений) и других факторов;

- во-вторых, оценка площади повторного обводнения, на которых снизился риск возникновения пожаров, а также значительно снизились выбросы парниковых газов;

- в-третьих, результаты изучения потенциала использования обводненных торфяников для получения биомассы влаголюбивых культур и оценка себестоимости производства продукции из нее.

ТОРФЯНЫЕ БОЛОТА СИБИРИ: ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ, РЕСУРСЫ, ВОССТАНОВЛЕНИЕ



Также на всех обводненных объектах с 2017 г. проводится мониторинг с использованием наземных и космических данных. В презентации будут приведены результаты этих работ за 3 года.

Таким образом, в презентации будет изложен опыт повторного обводнения нарушенных торфяников в условиях Центральной России и представлен потенциал по дальнейшему изучению особенностей восстановления болотных экосистем.

**ТОРФЯНЫЕ БОЛОТА СИБИРИ:
ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ, РЕСУРСЫ, ВОССТАНОВЛЕНИЕ**

Материалы Четвертой международной научной конференции

1 октября-8 октября 2021 года
Томск, Россия

Подписано к печати 27.09.2021 г.
Формат 60×84/16
Бумага офсетная. Усл. печ. л. 9,0. Тираж 100 экз.

ООО «Издательство Ипполитова»