

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ПЕДАГОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТОРФЯНОЙ КОМИТЕТ РФ

ТОМСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ ДОКУЧАЕВСКОГО ОБЩЕСТВА ПОЧВОВЕДОВ

БОЛОТА И БИОСФЕРА

**МАТЕРИАЛЫ СЕДЬМОЙ ВСЕРОССИЙСКОЙ
С МЕЖДУНАРОДНЫМ УЧАСТИЕМ
НАУЧНОЙ ШКОЛЫ**

(13–15 сентября 2010 г.)

Томск 2010

УДК 551.0 + 556.56
ББК 26.222.7 + 28.081.8
Б 79

Б 79 Болота и биосфера : материалы VII Всероссийской с международным участием научной школы (13–15 сентября 2010 г., Томск). – Томск : Издательство Томского государственного педагогического университета, 2010. – 284 с. : ил.

ISBN 978–5–89428–481–1

Сборник включает в себя избранные лекции ведущих специалистов и материалы молодых ученых по исследованию функционирования болотных экосистем, физико-химическим и биологическим свойствам болотных образований, направлению использования болотных ресурсов. Сборник может быть рекомендован для студентов, аспирантов, научных сотрудников, преподавателей естественнонаучных специальностей.

The collection includes the elected lectures of leading specialist and materials of the young scientists working in district research of the bog ecosystems function, vegetative of bogs, physico-chemical and biological productivity of bog formation, using of bog resources. The collection could be recommended for the students, post-graduate students, researches, teachers of naturally – scientific specialities.

ББК 26.222.7 + 28.081.8

Научный редактор:

д-р с.-х. наук, чл.-корр. РАСХН, профессор *Л. И. Инишева*.

Рецензенты

д-р биол. наук *Р. Т. Тухватулин*,

д-р геогр. наук *Н. С. Евсеева*.



Публикуется при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (№ 10-05-06059)

Тексты докладов публикуются в авторской редакции

ISBN 978–5–89428–481–1

© Авторский коллектив, 2010

© Издательство ТГПУ, 2010

ВВЕДЕНИЕ

Практически во всех странах мира есть торфяные болота. Ежегодно в мире заболачивается около 660 км² земли. Вместе болотные и заболоченные оторфованные земли России составляют 369,1 млн. га, или 21 % территории страны. Итак, каждый пятый гектар представляет собой торфяные болота или заболоченные земли. Торфяные ресурсы – богатейший природный потенциал. По запасам торфа Россия занимает первое место в мире. Но торфяные болота – это и уникальные природные образования, выполняющие важную роль в биосфере. Они консервируют огромные запасы пресной воды, депонируют углерод, в существенной мере определяют водный и гидрологический режимы территории, служат гигантскими естественными фильтрами, поглощающими токсичные элементы из атмосферы. В последнее время исследуется влияние торфяных болот на климат биосферы.

В этом году Всероссийская научная школа «Болота и биосфера» будет проводиться в седьмой раз. Первая школа состоялась в 2002 году. На предыдущих Школах мы рассматривали многие вопросы по тематике болот: генезис болот и их роль в биосфере; водный баланс болот; охрана, рациональное использование и восстановление болот; новейшие технологии переработки торфяных ресурсов.

Цель проведения Школы – познакомить студентов, аспирантов, молодых преподавателей и сотрудников НИИ и ВУЗов с концепцией роли болот в биосфере; показать необходимость всестороннего изучения влияния болотных экосистем на климатические, гидрологические, гидрохимические параметры территории и, в целом, на биосферу как залог гармоничного сосуществования человека и природы; научить пользоваться богатством болот.

Для наших новых участников Школы «Болота и биосфера» повторим основные принципы организации и проведения Школы:

- Каждая Школа посвящается обсуждению одной или нескольких актуальных проблем, которые определяются участниками предыдущей школы.
- Аналитические доклады читают приглашенные лекторы. В качестве лекторов приглашаются наиболее компетентные и авторитетные специалисты в избранной проблеме.
- В качестве участников Школы приглашаются студенты, аспиранты, молодые ученые НИИ и ВУЗов, которые делают сообщения о своих исследованиях.
- Материалы Школы публикуются.

В этом году работа Школа будет проходить по следующим направлениям:

- функционирование болотных экосистем,
- биогеохимический круговорот веществ в болотных экосистемах,
- физико-химические и биологические свойства болотных образований,
- направления использования болотных ресурсов.

Мы с удовольствием принимаем у себя участников Школы и приготовили для вас много нового. За прошедшие с последней Школы годы совместно с учеными Республики Алтай мы провели обследование болот этой территории и обнаружили много интересного. Эти работы позволили нам организовать пункты наблюдений за болотами Горного Алтая. В экскурсии, которую намечается провести в Республике Алтай, наши гости познакомятся с низинными и переходными болотами этой территории. В программе

Школы намечается также знакомство с Музеем торфа, который появился у нас за последний год. И наконец, в этом году на базе Томского государственного педагогического университета состоялся первый выпуск специалистов, которые прошли курс обучения по специализации «Торфяные ресурсы и торфопользование».

Хорошей увлекательной работы всем участникам Всероссийской научной школы «Болота и биосфера»!

Научный руководитель Школы,
д-р с.-х. н., чл.-корр. РАСХН, профессор
Л. И. Инишева

Уважаемые участники Школы!

Приветствую и поздравляю Вас с началом работы 7-ой Всероссийской научной школы «Болота и биосфера».

Нет никакого сомнения в том, что изучение места и роли болот в биосфере и жизни человека представляет одну из очень важных и многогранных проблем современного естествознания.

Что делать с болотами? Надо ли их осушать или охранять, как использовать накопленные в них природные богатства? Эти и многие другие вопросы уже давно интересовали ученых и специалистов, и все же большинство из этих вопросов и до настоящего времени не решены должным образом.

Россия обладает одним из самых больших в мире ресурсов торфяных болот, которые занимают не менее 20 % ее территории. Еще недавно Россия занимала передовые позиции по изучению болот, передовым технологиям добычи и переработки торфа. Однако, начиная с 90-х годов, российское торфопроизводство ослабило свои позиции по многим вопросам.

Глубоко символично, что ежегодные научные Школы «Болота и биосфера» проходят в знаменитом сибирском городе Томске, являющемся одним из давних центров науки, образования и культуры России и расположенном почти в центре огромной территории верховых и низинных болот Западной Сибири.

От всей души желаю всем участникам Школы интересной и успешной работы на благо науки и достойной жизни!

Председатель Национального торфяного комитета РФ,
член исполнительного комитета
международного торфяного общества (IPS),
директор НП «Торфяное общество»
В. Н. Пахомов



К 105-ЛЕТИЮ СЕРГЕЯ НИКОЛАЕВИЧА ТЮРЕМНОВА

Известный российский геоботаник и болотовед Сергей Николаевич Тюрёмнов родился 23 октября 1905 г. в городе Вязники Владимирской области.



С. Н. Тюрёмнов

В Московский государственный университет Сергей Николаевич поступил в 1925 г. и окончил биологическое отделение физико-математического факультета в 1929 г. по специальности геоботаника. Научно-исследовательская деятельность С. Н. Тюрёмнова началась в 1924 г. в Научно-исследовательском торфяном институте в Москве. С 1926 г. он проводил геоботанические исследования болот на Кольском полуострове, Карелии, Литве, Белоруссии, на Украине, в средней полосе Европейской части России, в Коми, на Кавказе, Урале, в Западной Сибири, на Камчатке. С 1937 г. Сергей Николаевич занимал должность заведующего кафедрой торфяных месторождений Московского торфяного института и проработал в этой должности до 1959 г., затем был избран заведующим кафедрой гео-

ботаники биолого-почвенного факультета Московского государственного университета, в котором читал курсы – «Геоботаника», «Споро-пыльцевой анализ», «Ботанический анализ торфа и озерных (сапропелевых) отложений».

С. Н. Тюрёмнов был ученым с чрезвычайно разносторонними интересами. Его интересовали общие вопросы ботаники, фитоценологии, индикационной геоботаники, экологии, биогеоценологии, палинологии, четвертичной геологии, палеогеографии, почвоведения, геохимии вод, гидрологии, археологии.

Он поддерживал тесные научные связи с зарубежными учеными многих стран: Чехословакии, Польши, Финляндии, Швеции, Японии и др. Но основное внимание Сергей Николаевич уделял разностороннему изучению генезиса, стратиграфии, гидрологии, растительности и флоры болот. Его также интересовали вопросы качественной характеристики торфа, технологии его добычи, использования, разведки и осушения болот.

С именем Сергея Николаевича связано развитие в России торфяной промышленности. Он принимал непосредственное участие в подготовке специалистов по разведке торфяных болот, технологии добычи и использования торфа. Сергей Николаевич, обобщив огромный фактический материал, накопленный исследователями болот России, разработал классификацию видов торфа и видов строения залежей торфа, проанализировал их генезис, связь с исходными фитоценозами. Он также предложил и классификацию растительного покрова болот, основанную на эколого-фитоценологическом подходе. Сергей Николаевич детально разработал и геоморфологическую классификацию болот. Эти классификации были положены в основу работ проектных институтов для обоснования использования болот, составления технологических схем и разработок методов маршрутных, рекогносцировочных и детальных разведок.

Большое внимание Сергей Николаевич уделял вопросам генезиса, морфологии и возраста пограничного горизонта, интересовали его особенности стратиграфии и межледниковых торфяников и сапропелевых отложений. Он был прекрасным знатоком экологии и географии сфагновых мхов, изучал особенности их размещения в торфяных отложениях.

Сергей Николаевич использовал палинологические методы при стратиграфических, палеоботанических, палеогеографических и археологических исследованиях для синхронизации отдельных этапов развития водной, болотной, лесной растительности, для установления возраста отложений. Его интересовали вопросы сохранности пыльцы древес-

ных пород и травянистых растений в отложениях разного генезиса и литологического состава. Занимался он палинологическим анализом почв лесной зоны, открывающим большие возможности для изучения сукцессии растительности, так как лесные почвы аккумулируют главным образом пыльцу и споры растений конкретных местообитаний.

Под руководством Сергея Николаевича проводилось изучение содержания в торфяных отложениях и растениях-торфообразователях редких и рассеянных химических элементов в зависимости от географического и геоморфологического положения болот. Им была выявлена зависимость приуроченности редких элементов к определенным видам торфа, к глубине залегания соответствующих торфяных отложений. Было также установлено, что болота могут быть индикаторами наличия редких и рассеянных элементов в коренных породах.

Перед геоботаникой Сергей Николаевич ставил задачи, ориентированные, во-первых, на создание более совершенного метода оценки и изучения состава растительного покрова, позволяющего использовать при камеральной обработке математические методы, во-вторых, на создание классификации растительного покрова, построенной по единому принципу и системе для всех типов растительности, в-третьих, на создание в различных ботанико-географических зонах сети полигонов для проведения стационарных и экспериментальных исследований.

Неоценим вклад Сергея Николаевича и группы его учеников в изучение болот Западной Сибири. Эти исследования были начаты на кафедре геоботаники в середине 1960-х годов и продолжаются до настоящего времени. Итогом изучения природы болотных систем Западной Сибири явилось познание их генезиса, структурно-функциональной организации, пространственно-временных закономерностей развития, зонально-подзональных особенностей строения, а главное, разработка единой концепции болотообразовательного процесса в голоцене, выявление средообразующих и биосферных функций болот, обоснование необходимости и актуальности проблемы охраны болот.

В последние годы жизни Сергей Николаевич интенсивно работал над переработкой второго издания своего учебника «Торфяные месторождения и их разведка» (1949), которое было опубликовано в 1976 г. его учениками.

К сожалению, Сергей Николаевич не дожил до завершения намеченных им обширных планов. Он скончался 24 ноября 1971 года. Но он создал на кафедре активную группу геоботаников-болотоведов, которые продолжают и претворяют в жизнь его идеи, мысли, стремления.

Сергей Николаевич был исключительно жизнерадостным, доброжелательным, всегда оптимистически настроенным, обаятельным человеком, чем снискал искреннюю симпатию и уважение своих учеников и коллег.

Основные труды Сергея Николаевича Тюремнова

1. Тюремнов С. Н. Геоботаническое исследование болот восточной части ЦПО // Торф. Дело. – 1928. – №7. – С. 199–203.
2. Тюремнов С. Н. Торфяные месторождения: Учеб. пособие для торфяных вузов. – М.-Л.: Гостоптехиздат, 1940. – 371 с.
3. Тюремнов С. Н. Торфяные месторождения и их разведка. – М.: Госэнергоиздат, 1949. – 464 с.
4. Тюремнов С. Н. О торфяных месторождениях Западно-Сибирской низменности // Тр. Томск. Ун-та. – 1958. – Вып. 141. – С. 125–129.
5. Тюремнов С. Н. К вопросу о классификации растительного покрова болот Среднего Урала // Мат-лы по классификации растит. Урала: Тезисы докл. на совещ. 1 окт. 1959 г. / Ин-т биологии Урал. ФАН СССР. – 1959. – С. 88–92.

6. Тюремнов С. Н. Археологические находки в торфяных отложениях и датировка возраста торфяных отложений // Сб. работ по геоботанике, бот. географии, сист. растений и палеогеографии (Тр. МОИП, т.3). – М., 1960. – С. 291–304.
7. Тюремнов С. Н. К вопросу о картировании болот // Картография растит. покрова. – Изд. СО АН СССР. – 1960. – С. 94–97.
8. Тюремнов С. Н. Изучение природы торфяных месторождений в Советском союзе // Тр. Межд. конгресса по торфу в Ленинграде. – Л., 1963. – С.11–12.
9. Тюремнов С. Н. Пути изучения растительного покрова // Вест. МГУ. Серия биол., почв. – 1963. – № 6. – С. 3–7.
10. Тюремнов С. Н. Растительные группировки торфяных месторождений и химический состав их водной среды // Торф. Промышленность. – 1968. – №2. –С. 21–24.
11. Тюремнов С. Н. Торфяные месторождения. – М.: Недра, 1976. – 484 с.
12. Тюремнов С. Н., Лисс О. Л. К динамике болотной растительности в голоцене // Мат-лы по динамике раст. покрова. – Владимир, 1968. – С. 137–138.

Часть I

ЛЕКТОРСКИЙ СИМПОЗИУМ

РАСХОД ВЛАГИ С ОСУШЕННЫХ ЛЕСНЫХ БОЛОТ

Б. В. Бабилов

Санкт-Петербургская государственная лесотехническая академия, Санкт-Петербург, subota_m@mail.ru

В статье рассматриваются 15-летние результаты исследования водопроницаемости, стока и суммарного испарения на осушенных облесенных болотах.

Исследованию водопроницаемости и стока с болот посвящено немало работ (Иванов, Лундин, Маслов, Шебеко). Большая часть этих исследований выполнена на болотах, используемых под сельхозпользование или при торфоразработках. При этом установлено снижение стока во времени, что объяснимо интенсивной осадкой и уплотнением торфа по мере отвода воды. Сток с осушенных облесенных болот при выращивании высокопродуктивных насаждений изучен в меньшей степени (Бабилов, Вомперский, Чиндяев). Хотя очевидно, что на используемых под сельскохозяйственное пользование действительно происходят уплотнения торфа при его осадке. На облесенных болотах осадка происходит также, но уплотнению торфа препятствуют корни растений, как бы армирующие торфяной слой.

Методика исследований

В основу методики наших исследований положен метод водного баланса. Сток изучался на водомерных постах с гидрометрическими водосливами, установленными на каналах осушительной сети. Сток фиксировался по уровням воды в каналах на пороге водосливов с помощью самописцев уровня воды «Валдай». Исследования проводились круглогодично в течении 15 лет. Осадки учитывались по осадкомерам на объектах исследования с использованием данных метеопоста государственной сети гидрометеослужбы.

Объектами исследования являлись олиготрофное и мезотрофное болота с глубиной торфа 1,5–3,0 м. Болота осушены открытыми каналами глубиной 1,0–1,2 м, проведенных через 65, 130 и 205 м.

Водопроницаемость торфа во время осушения определялась методом восстановления воды в скважинах после откачки. После осушения водопроницаемость рассчитывали по модулям стока по формуле Роте.

Результаты исследования

Формирование и внутригодовое распределение стока зависит от интенсивности осушения, водопроницаемости торфа и ее изменения по глубине торфяной залежи. Полученные коэффициенты фильтрации показывали существенные различия по глубине и типам болот. На олиготрофном болоте в верхнем слое до глубины 50 см коэффициент фильтрации в год осушения составляет 25,1 м/сутки. На глубине 65–70 снизился до 2,3 м/сутки. На мезотрофном торфянике грунтовые воды располагались ниже. На глубине 65–70 см коэффициент фильтрации равен 7,9 м/сутки, на глубине 73–117 см – 4,6 м/сутки.

На олиготрофном торфянике можно говорить о слоистости и наличии деятельного и инертного горизонтов (Иванов, Лопатин), на мезотрофном торфянике такая слоистость не выявлена.

После осушения ситуация изменилась. По модулям стока, полученным по наблюдениям на водомерных постах, были рассчитаны коэффициенты фильтрации по формуле Роте $K = qLI/40HI$, где K – коэффициент фильтрации (см/сек), q – модуль стока (л/сек с га), L – расстояние между осушительными каналами (м), H – величина напора (см).

Расчет коэффициентов фильтрации по модулям стока позволяет определить водопроницаемость не в каком-то месте торфяной залежи, а для всей торфяной залежи.

Некоторая неточность остается и в этом случае, поскольку поступающая в каналы вода вблизи последних поступает по нижним, более плотным горизонтам. Напор вычисляется как разница отметок уровня грунтовой воды (ГВ) посередине между каналами.

Многолетние наблюдения за стоком позволяют рассмотреть изменения водопроницаемости во времени, по 5-летним периодам по изменению коэффициентов фильтрации (табл. 1).

Таблица 1

Изменение водопроницаемости после осушения облесенных болот

Годы после осушения	Градации уровней грунтовых вод					
	Высокий уровень		Средний уровень		Низкий уровень	
	Напор, см	Коэффициент фильтрации, м/сут	Напор, см	Коэффициент Фильтрации, м/сут	Напор, см	Коэффициент фильтрации, м/сут
Олиготрофное болото						
1-5	81	1,68	70	0,84	60	0,45
6-10	65	2,45	55	0,97	44	0,59
11-15	56	2,06	45	0,85	36	0,96
Мезотрофное болото						
1-5	101	9,60	82	2,30	62	0,96
6-10	87	16,68	72	4,66	49	1,34

Исследования показывают, что после осадки торфа осушенного олиготрофного болота водопроницаемость верхних горизонтов резко снизилась. С течением времени после осушения фильтрация увеличивается. На мезотрофном болоте водопроницаемость значительно выше, чем на олиготрофных, особенно в верхних горизонтах. Это можно объяснить увеличением массы корней, армирующих торфяные горизонты, и их прониканием вглубь.

С увеличением водопроницаемости можно было бы ожидать увеличение стока. Однако модули стока снизились, особенно на олиготрофном болоте. Многолетние исследования показали, что сток по каналам происходит круглогодично (табл. 2). Величина его различна на олиготрофном и мезотрофном болотах. Наименьшая величина стока, около 15–16 % годовых, наблюдается в зимний период, когда полностью отводится вода грунтовых запасов.

Таблица 2

Распределение стока по периодам года

Тип болот	Осень (X–XI)		Зима (XII–III)		Весна (IV)		Лето (V–IX)		Год	
	мм	%	мм	%	мм	%	мм	%	мм	%
Олиготрофные	45,4	21,2	32,7	15,1	75,1	34,9	61,8	28,7	215	100
Мезотрофные	21,1	13,9	23,4	15,6	55,1	36,3	52,0	34,2	151,6	100

Осадки в виде снега почти не пополняют почвенные влагозапасы. Это приводит к повышенному стоку весной. Только за апрель месяц отводится 35–40 % годового стока. В годы интенсивного снеготаяния сток апреля составляет до 50 % годового. Значительная часть стока таких вод приходится на май месяц – 13 % на олиготрофном болоте и 19 % на мезотрофном. За летний период (VI–IX) сток составляет 13–15% годовых, почти как и зимой (рис. 1).

Основной расход влаги летом – это суммарное испарение за счет физического испарения и транспирации древостоя. Древостой на мезотрофном болоте представлен сосняками 1–1а класса бонитета, на олиготрофное 2–3 класса бонитета. Суммарное испарение, вычисленное по уравнению водного баланса, составило за четыре месяца (VI–IX) на оли-

готрофном болоте 219 мм, на мезотрофном – 231 мм. Слой стока за этот же период составил по исследуемым типам болот 34 и 23 мм соответственно.

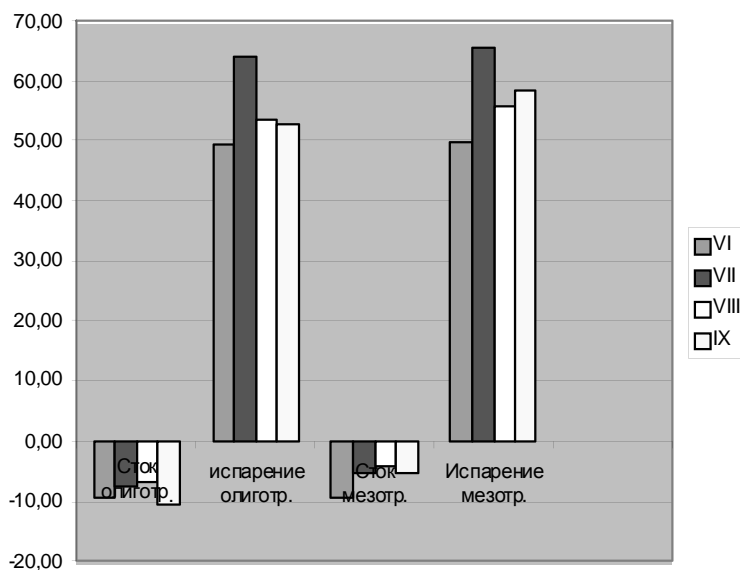


Рис. 1. Соотношение стока и суммарного испарения (мм)

Доля летнего стока (VI–IX) на олиготрофном болоте составила 13 %, на мезотрофном 9 % от общего расхода влаги за этот период. Соотношение стока и суммарного испарения приведено на рис. 1.

Поскольку развивающийся после осушения высокобонитетный древостой увеличивает расходы на транспирацию, увеличивая суммарное испарение, можно предполагать, что осушение болот ухудшает водное питание рек. Однако, сопоставив в наших исследованиях сток с болот со стоком реки в зоне исследования, следует отметить, что летние модули стока с болот на 50–60% выше, чем в реке.

Литература

1. Бабилов Б. В. Экология сосновых лесов на осушенных болотах. – СПб.: Наука, 2004. – 166 с.
2. Формирование и режим стока при гидромелиорации. – М.: Наука, 1988.
3. Иванов К. Е. Водообмен в болотных ландшафтах. – Л.: Гидрометеиздат, 1975. – 280 с.
4. Лопатин В. Д. «Гладкое» болото (торфяная залежь и болотные фракции) // Ученые записки ЛГУ. Серия географических наук. – 1954. – Вып.9. – №166. – С. 95–181.
5. Лундин К. П. Водные свойства торфяной залежи. – Минск: Урожай, 1954. – 210 с.
6. Маслов Б. С. Режим грунтовых вод переувлажненных земель и его регулирование. – М.: Колос, 1970. – 230 с.
7. Писарьков Х. А. Модули расчетного и фактического стока из дренажных систем // Гидротехнический сборник. Труды Сев. НИИ ГИМ. – 1939. – Вып IX. – С. 5–36.

EVAPORATION AND FLOWING OF WATER AFTER DRAINAGE OF BOGS

B. V. Babikov

In article 15-year-old results of Investigation of water penetration, flowing and total evaporation on drained bogs with forest are considered.

К ВОПРОСУ ОПТИМИЗАЦИИ МИНЕРАЛЬНОГО ПИТАНИЯ КУЛЬТУРНЫХ РАСТЕНИЙ НА БОЛОТНЫХ ПОЧВАХ

В. К. Бахнов

Институт почвоведения и агрохимии СО РАН, г.Новосибирск, soil@issa.nsc.ru

Болотные почвы в связи с особенностями их генезиса обеднены не только основными элементами минерального питания растений, но и кремнием, недостаток которого лимитирует урожай и способствует полеганию кремнелюбивых растений. Для обогащения почвы зольными элементами, в том числе кремнием, рекомендуется вносить в пахотный слой минеральный грунт.

Основное назначение осушенных болотных почв – производство кормов. В целом эти почвы представляют категорию сельскохозяйственных земель, которым свойственно низкое естественное плодородие. Фосфор и калий в болотных почвах хотя и находятся в основном в доступных для растений соединениях, но содержатся в малых количествах. Они богаты общим азотом, но основное его количество мало доступно растениям. В результате все три основных элемента (NPK), по содержанию которых обычно судят об уровне плодородия почвы, часто оказываются в дефиците и лимитируют урожай. Об этом свидетельствуют результаты опытов, проведенные в разные годы и в различных областях Западной Сибири [1–7]. В большинстве этих опытов были получены весьма существенные прибавки урожая от минеральных удобрений. Малое содержание в болотных почвах основных элементов питания растений обусловлено спецификой болотного почвообразования. Минеральная почва, подвергаясь заболачиванию, выполняет своего рода роль почвообразующей породы по отношению к формирующемуся на ней органо-генному профилю [8, 9]. Она опосредована через почвообразующий фитоценоз «программирует» ход развития болотной почвы, ее вещественный состав и основные свойства.

Большая часть зольных элементов в органо-генном профиле накапливается на ранних стадиях его формирования. В силу аккумулятивного характера болотного почвообразования корнеобитаемый слой постоянно смещается вверх, перемещая вовлеченные в биологический круговорот элементы минерального питания из нижних слоев в верхние. Элементы, не поглощенные растениями и оставшиеся вне сферы распространения корней, исключаются из дальнейшего круговорота, что приводит к обеднению ими нарастающей части органо-генного профиля. Такой характер перераспределения элементов в профиле сопровождается сукцессиями торфообразующих растений: более требовательные виды к условиям минерального питания сменяются менее требовательными видами, что приводит к формированию горизонтов торфа менее обогащенных зольными элементами.

Объемная масса, которая во многом определяет водно-физические свойства болотной почвы, тесно коррелирует с показателями зольности торфа и степени его разложения. Данное обстоятельство позволило вывести уравнения регрессии для определения объемной массы по показателям зольности и степени разложения торфа [10, 11]. Как видим, генетическая связь с предболотной минеральной почвой проявляется и в основных свойствах органо-генного профиля.

Объемная масса болотных почв подвержена значительным колебаниям. Ее показатели в органо-генном профиле изменяются от 0,04 до 0,23 г/см³, т.е. максимальные величины могут превосходить её минимальные значения почти в 6 раз. При таком широком диапазоне изменения показателя объемной массы болотных почв результаты анализа, например содержания химических элементов, логично выражать не в весовых (% , мг/кг), а в объемных единицах (мг/л). На это обстоятельство неоднократно обращалось внимание в литературе [8, 11–14].

Зольные элементы в болотных почвах находятся в составе органно-минеральных комплексов и в клеточных структурах растительных остатков. Ca, K, Mg, NH_4 в этих соединениях представлены преимущественно в ионообменной и водно-растворимой формах, тогда как большинство анионов (NO_3 , SO_4 , Cl) содержатся в почвенном растворе [15]. Фосфор в данных почвах представлен органическими и минеральными формами.

Минерализация органического вещества обеспечивает растения, прежде всего, азотом, режим которого в болотных почвах в значительной мере складывается стихийно и находится в тесной зависимости от гидротермических условий. Поэтому его сложно привести в соответствие с физиологическими потребностями растений. Основное количество азота связано органическим веществом и недоступно растениям. Из-за неблагоприятных тепловых свойств скорость минерализации торфа ослаблена, вследствие чего перехода органических соединений в минеральные незначителен. Этим объясняется высокая эффективность азотных удобрений применяемых на болотных почвах водоразделов. В высокозольных торфах, где более удачно сочетаются органические и минеральные компоненты, создаются более благоприятные условия для микробиологической деятельности, что приводит к усилению разложения торфа и повышению содержания доступного растениям азота. На таких почвах с.-х. культуры нуждаются в дополнительном внесении N лишь в первые годы освоения этих почв. В окультуренных же почвах азотные удобрения могут оказать даже отрицательный эффект [16].

Калий, как уже было сказано выше, находится преимущественно в обменной и водно-растворимой формах. Связь катиона с твердой фазой непрочная, поэтому из торфа в водную вытяжку переходит 40–70 %, а в кислотную (0,2н, HCl) практически весь калий внесенных удобрений [15]. Слабое физико-химическое взаимодействие его с торфом создает благоприятные условия использования растениями калийных удобрений. Вследствие этого наблюдаемое к концу вегетации снижение концентрации калия в корнеоби-таемом слое обусловлено в основном поглощением его растениями [17].

Непрочная связь калия с торфом имеет и негативные последствия. Восходящие потоки почвенного раствора в период вегетации обычно превалируют над нисходящими. Поэтому некоторое количество калия может теряться в осенний и особенно весенний периоды [15]. В условиях Западной Сибири, благодаря наличию в почвенном профиле длительное время сохраняющегося мерзлого слоя торфа, потери калия за счет грунтового стока мало вероятны. Некоторое количество его может выноситься в осушительную сеть с поверхностным стоком в период весеннего снеготаяния.

Казалось бы, возможны потери калия (и других элементов) из мелкозалежных болотных почв, с сформированных на породах легкого гранулометрического состава. Однако существенным препятствием на пути миграции элементов из органического профиля служит слой, кольматированный высокодисперсным органическим веществом, который располагается на границе торф – минеральный субстрат. Обладая низкой водопроницаемостью и большой физико-химической активностью, он задерживает до 80 % фильтруемого K_2O [15]. Сорбированный кольматированным слоем калий, как отмечают исследователи, остается легко доступным растениям, может частично десорбироваться и возвращаться в верхние слои с восходящим капиллярным потоком.

Калий в болотных почвах содержится обычно в небольших количествах. Лишь в железисто-карбонатных и обогащенных аллювиальными наносами почвах концентрация K_2O может возрасти до 0,74% [18]. Несмотря на малое содержание элемента, калийные удобрения не всегда, особенно в первые годы освоения болотных почв, оказывают положительное влияние на урожай [1, 2, 14]. Отсутствие эффекта объясняют нахождением калия в болотных почвах в легкодоступных для растений соединениях. Продолжительность периода, когда иссякает запас почвенного калия и наступает необходимость применения

калийных удобрений, определяется интенсивностью отчуждения элемента из почвы и зависит от видовой принадлежности возделываемой культуры, обеспеченности растений другими элементами питания и величиной урожая. На окультуренных почвах обычно растения отзывчивы на вносимые в почву калийные удобрения [3]. В связи с интенсивным выносом с.-х. культурами и некоторыми потерями в результате водной миграции не наблюдается существенного обогащения почвы калием даже при ежегодном внесении его с удобрениями.

Валовое содержание фосфора в болотных почвах изменяется в широком интервале концентраций. В болотных почвах с нормальной зольностью общее количество данного элемента колеблется от 0,01 до 0,6 % на сухое вещество [20]. С увеличением зольности торфа, как правило, возрастает содержание валового фосфора. В высокозольных почвах низинных болот, сформированных в речных долинах количество валового фосфора может достигать 2-4 % и более. Несмотря на высокое содержание элемента растения отзывчивы на внесение фосфорных удобрений [1, 21]. Это свидетельствует о том, что фосфор в данных почвах находится в труднодоступных для растений соединениях. Такие соединения составляют 77–98 % валового количества элемента [18].

Подвижность фосфора и его доступность растениям определяются составом минерального и органического компонентов торфа. Закрепление и состав минеральных фосфатов зависят от относительных концентраций в почве Fe, Al, Ca, Mg и pH среды [22]. Предполагается, что основное количество фосфора связанного органическим веществом входит в состав гумусовых кислот, причем фосфаты могут быть адсорбированы гумусовыми кислотами или связаны с ними посредством катионов Fe, Al, Ca [22, 23]. В отсутствие металла фосфор не образует с гумусовыми кислотами устойчивых недиссоциированных соединений [24].

К числу главных компонентов органического вещества почв низинных болот относятся гуминовые кислоты, содержание которых в этих почвах достигает 30–50 % и более [25, 26]. Концентрация фосфора в гуминовых кислотах колеблется от 0,03 до 0,63 % [23]. Приведенные данные свидетельствуют о том, что «судьба» фосфора в болотных почвах в значительной мере определяется наличием в них гуминовых кислот и катионов металлов. Фосфор, в отличие от калия, в болотных почвах мало подвижен. Его концентрация в почвенном растворе даже при внесении удобрений в течение вегетационного периода составляет всего лишь 0,1–0,3 мг/л, поэтому физическая миграция его за вегетацию не превышает 5 см, а перераспределение элемента в почвенном профиле осуществляется в основном биогенным путем [15]. Болотные почвы низинного типа хотя и обладают высокой поглощательной способностью, все же большая часть сорбированных фосфатов остается доступной растениям. Исключение составляют так называемые карбонатные, железистые и железисто – карбонатные торфяники, характеризующиеся обычно значительным количеством фосфора, но вследствие прочной фиксации его карбонатами и окисью железа, сельскохозяйственные культуры на этих почвах могут испытывать острый недостаток данного элемента и проявлять высокую отзывчивость на фосфорные удобрения.

Среди болотных почв по способности удовлетворять потребность культурных растений в фосфоре за счет почвенных запасов выделяются вивианитовые торфяники, в которых данный элемент находится в виде фосфорно-кислотной закиси железа. Концентрация фосфора в них в пересчете на элемент может достигать 5 % и более и он легко поглощается растениями. Возделываемые на таких почвах сельскохозяйственные культуры удовлетворяют потребность в нем за счет почвенных ресурсов и не отзывчивы на фосфорные удобрения [28].

Освоение осушенных болотных почв иногда невозможно из-за проявления в них «болезни отработки», вызываемой недостатком в почве меди. На зерновых культурах болезнь начинается с внезапного побеления и засыхания кончиков листовой пластинки.

В результате болезни резко снижается урожай зерна, а в случае проявления болезни в сильной степени растения не образуют зерно и могут погибнуть.

В Западной Сибири испытание медных удобрений на болотных почвах началось в 30-е годы. Первые опыты с медным удобрением были заложены на почвах Убинской опытной мелиоративной станции (УОМС) В.И. Бельским и Я.Я. Чугуновым. В их опытах учитывалась зеленая масса овса, урожай которой из-за неудовлетворительной работы осушительной системы был низкий, и медные удобрения не дали положительного эффекта. Вероятно, это послужило основанием для утверждения о том, что медные удобрения не оказывают влияния на урожай сельскохозяйственных культур на болотных почвах Барабинской низменности [29, 14]. Дальнейшим толчком разворачивания опытов с медными удобрениями в регионе послужила гибель посевов овса на большой площади осушенной части Суховского болота в Томской области. Причиной гибели посевов овса оказался острый дефицит в почве доступной растениям меди [1].

Начатые нами с 1965 г. работы по изучению микроэлементов в почвах и отзывчивости культур на микроудобрения показали, что болотные почвы Барабинской низменности, так же как и аналогичные почвы других регионов бедны медью, а возделываемые на них требовательные к условиям медного питания зерновые культуры отзывчивы на медные удобрения [8].

Влияние медного удобрения на урожай зерна овса практически равно влиянию N, P и K, внесенных в оптимальных дозах. Эффективность основного удобрения и медного резко возрастает при совместном их применении.

Таким образом, проведенные исследования показали, что медь – важный элемент в системе удобрений зернофуражных культур на болотных почвах Западной Сибири.

Бесспорно, культурные растения, возделываемые на осушенных болотах, эволюционно приспособлены к условиям произрастания на минеральных почвах. Болотные почвы по своему вещественному составу для них – необычный субстрат. В силу специфики почвообразования они обеднены не только «основными» но и другими зольными элементами, к недостатку которых культурные растения, возделываемые на болотных почвах, надо полагать, небезразличны. Физиологическое значение многих других элементов в жизни растений до сих пор остается неясным. Это касается прежде всего кремния, содержание которого в болотных почвах по сравнению с минеральными почвами представлено очень малым количеством.

По мнению М. Г. Воронкова и др. [29], роль кремния в жизни растений сравнима с ролью остальных биофильных элементов. Обзоры работ, посвященных изучению участия кремния в метаболизме растений [30, 31], свидетельствуют об участии этого элемента в процессах энергетического, углеводного и водного обменов. Кремний является важной составной частью клеточных стенок и тканей растений [32]. Полагают, что наличие кремния в больших количествах в растениях связано с созданием прочной структуры стебля, способной противостоять полеганию [33].

Нами было сделано предположение, что урожаи культурных растений, возделываемых на болотных почвах, могут ограничиваться не только недостатком основных макро- и микроэлементов, но и кремния. Это послужило поводом изучения реакции растений на кремний. Необходимость подобного исследования диктовалось ещё тем, что многие из возделываемых на болотных почвах сельскохозяйственные культуры являются кремнелюбивыми видами, преимущественно из семейства злаковых.

Изучение отзывчивости растений на кремний проводилось в вегетационных и микрополевых опытах. Опытные культуры – овес, ячмень, подсолнечник, горох. В качестве источника кремния использовали двуокись кремния. Методика постановки и проведения опытов, а также результаты и их обсуждение опубликованы [8].

В вегетационных опытах на вариантах с добавкой кремния (SiO_2) прибавки зерна и соломы ячменя составили соответственно 12–39 % и 13–31 %. В микрополевых опытах от внесения кремния урожай зерна овса увеличился на 40,5 %, прибавка зеленой массы подсолнечника составила 12,5 %. Горох не реагировал на внесенный в торф кремний.

Практика свидетельствует о том, что полегание посевов наблюдается при обильном снабжении растений азотным питанием. Увеличение дозы азота в вегетационных опытах без применения кремния приводило к резкому сокращению поступления почвенного кремния в надземную часть и обеднению фитомассы в целом и особенно соломы. В варианте с SiO_2 количество кремния в соломе возрастало в 4–10 раз и зависело от дозы внесенного в почву азота. Если прочность стебля определяется насыщенностью его тканей кремнием, то становится очевидной причина полегания посевов, особенно злаковых растений.

Обеспечить растения кремнием можно путем внесения в пахотный слой грунта [34]. Этот прием известен давно как способ улучшения водно-физических и температурных свойств болотных почв. Однако его эффективность следует связывать не только и не столько с улучшением водно-воздушного и теплового режимов, сколько с улучшением минерального питания растений в результате приноса в почву с мелиорантами (глиной, песком) зольных элементов, в том числе кремния. Использование в опытах добавки 200 т/га суглинка привело к обогащению пахотного слоя следующим количеством макро и микроэлементов (кг/га): Si–82000, K–300, Mn–190, Zn–19, Cu–8, Mo–0,5. Ежегодный вынос урожаем разных сельскохозяйственных культур, выращенных на опытных участках, составил (кг/га): Si–20–120, K–86–360, P–17–75, Mn–0,09–0,7, Cu–0,01–0,06, Mo–0,001–0,006. Сопоставление этих данных показывает, что запасы элементов, содержащихся в 200 т грунта, превышает их ежегодный вынос урожаем в десятки и сотни раз.

Процесс высвобождения зольных элементов из грунта по времени очень длительный, поэтому положительное влияние его на урожай сельскохозяйственных культур продолжается в течение многих лет. По литературным данным эффект от добавки грунта сохраняется не менее 30 лет [35].

Литература

1. Елисеева В. М. Культура болот таежной полосы Западной Сибири // Тр. Том. гос. ун-та. – 1951. – №114. – С. 105–118.
2. Гантимурова Н. И. Эффективность удобрений на торфяно-болотных почвах в условиях Центральной Барабы. // Бюллетень опытных и научно-исследовательских работ Убинской опытной мелиоративной станции. – 1959. – № 5. – С. 62–77.
3. Моисеенко М.П. Применение минеральных удобрений на староосвоенных торфяно-болотных почвах Барабы // Сиб. Вестник. с-х. науки. – 1972. – №4. – С. 61–66.
4. Бурлака В.В. Торфяно-болотные почвы Северного Зауралья, особенности их освоения и рационального использования // Пути рационального использования торфа и торфяно-болотных почв в сельском хозяйстве. – Тюмень: Изд-во НИИ сельск. хоз-ва Сев. Зауралья, 1973. – С. 14–22.
5. Сильнягин А. Н. Особенности использования осушенных торфяно-болотных почв под сельскохозяйственные культуры // Пути рационального использования торфа и торфяно-болотных почв в сельском хозяйстве. – Тюмень: Изд-во НИИ сельск. хоз-ва Сев. Зауралья, 1973. – С. 50–56.
6. Бахнов В. К. Медь в торфяных почвах и эффективность медных удобрений // Этюды по биогеохимии и агрохимии элементов биофилов. – Новосибирск: Наука, 1977. – С. 80–89.
7. Пуртов Г. М., Туровинин Г. М. Влияние калийных удобрений на урожайность многолетних трав на осушенных торфяно-болотных почвах северной лесостепи Тюменской области // Сиб. Вестник с-х науки. – 1978. – № 2. – С. 43–46.

8. Бахнов В. К. Биогеохимические аспекты болотообразовательного процесса. – Новосибирск: Наука, 1986. – 193 с.
9. Бахнов В. К. Почвообразование: взгляд в прошлое и настоящее (биосферные аспекты). – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2002. – 117 с.
10. Нестеренко И. М. Мелиорация сельскохозяйственных земель Карелии. – Петрозаводск: Изд-во Ин-та биологии Карельск. фил. АН СССР, 1967. – 102 с.
11. Лопатин В. Д., Пятецкий Г. Е. Уравнение зависимости между объемным весом и степенью разложения торфа и значение пересчета агрохимических данных на единицу // Стационарное изучение болот и заболоченных лесов в связи с мелиорацией. – Петрозаводск: Изд-во Ин-та леса Карельск. фил. АН СССР, 1977. – С. 148–149.
12. Немчинов А. А. Геоботаническая и агрохимическая характеристика болот Ленинградской области (предв. сообщ.). – Л.: Изд-во АН СССР, 1934. – 84 с.
13. Немчинов А. А. Болотный процесс и его проявление в дерново-подзолистой зоне // Сборник работ Центрального музея почвоведения. – Т. 2. – Л.: Изд-во АН СССР, 1957. – С. 57–101.
14. Гордеева Е. А. Эффективность применения удобрений на осушенных болотных почвах Барабы // Пути химизации и интенсификации сельского хозяйства Новосибирской области. – Новосибирск: Наука, 1965. – С. 75–80.
15. Афанасик Г. И., Шабан Н. С., Пятницкий В. Н. и др. Комплексное регулирование условий жизни растений на торфяных почвах. – Минск: Ураджай, 1980. – 136 с.
16. Елисеева В. М., Львов Ю. А. Болота Томской области и пути их сельскохозяйственного освоения // Сиб. вестн. с.-х. науки. – 1971. – № 3. – С. 39–42.
17. Бельский Б. Б., Демиденко Д. М., Федоренчик А. А. Влияние дождевания на питательный режим торфяно-болотных почв и продуктивность сельскохозяйственных растений // Влияние водного и пищевого режимов на урожай сельскохозяйственных культур. – Минск: Изд-во БелНИИ мелиорации водного хозяйства. – 1972. – С. 21–32.
18. Галуза О. И. Агрохимическая характеристика торфов левобережья Оби и их сельскохозяйственное использование // Бюллетень опытных и научно-исследовательских работ Убинской опытной мелиоративной станции. – 1959. – № 5. – С. 99–106.
19. Гантимурова Н. И. Эффективность удобрений на торфяно-болотных почвах в условиях центральной Барабы // Бюллетень опытных и научно-исследовательских работ Убинской опытной мелиоративной станции. – 1959. – № 5. – С. 62–77.
20. Ковалев В. А., Жуховицкая А. Л. Фосфор в болотной среде. – Минск: Наука и техника, 1976. – 93 с.
21. Шумилова Л. В., Елисеева В. М. Торфяные болота Томской области и пути их сельскохозяйственного освоения. – Томск: Изд-во Том. ун-та, 1956. – 44 с.
22. Иванов С. Н. Физико-химический режим фосфатов торфов и дерново – подзолистых почв. – Минск: Сельхозгиз, 1962. 251 с.
23. Гриндель Н. М., Зырин Н. Г. Метод определения и динамика органических соединений фосфора в пахотном горизонте мало культуренной дерново-подзолистой почве // Почвоведение. – 1965. – № 2. – С. 17–27.
24. Фокин А. Д., Синха М. К. Связывание фосфора гумусовыми веществами почв // Изв. ТСХА. – 1969. – №4. – С. 17–181.
25. Немчинов А. А., Тишкович А. В. Биохимические основы использования торфа и продуктов его переработки // Торфяная промышленность. – 1965. – №7. – С. 15–20.
26. Широких П. С. Влияние осушения и окультуривания на состояние органического вещества низинных торфяных почв Барабинской низменности. // Изв. СО АН СССР. Сер. биол. наук. – 1979. – Вып. 3. – С.18–22.
27. Орлов Д. С. Гумусовые кислоты почв. – М.: Изд-во МГУ, 1974. – 333 с.
28. Блинков Г. Н. Торфяники и их использование в сельском хозяйстве. – Новосибирск: Зап-Сиб. кн. изд-во, 1975. – 63 с.
29. Воронков М. Г., Зелчан В. И., Лукевиц Э. Я. Кремний и жизнь. – Рига: Зинатне, 1978. – 587 с.
30. Потатуева Ю. А. О биологической роли кремния: обзор // Агрохимия. – 1968. – №9. – С. 111–116.

31. Школьник М. Я. Микроэлементы в жизни растений. – Л.: Наука, 1974. – 321 с.
32. Jones J.H., Milne A., Wadham S. Studies of silica in the oat plant, 11. Distribution of the silica in the plant // Plant and Soil. – 1966. – V. 18. – N. 3. – P. 358–371.
33. Проценко В. Д., Карнаухова Л. А. Особенности сортов озимой пшеницы в связи с устойчивостью к полеганию // Физиология и биохимия культурных растений. – 1970. – Т. 2. – Вып. 2. – С. 188–192.
34. Бахнов В. К. Кремний – дефицитный элемент питания растений на торфяных почвах // Агрохимия. – 1979. – № 11. – С. 119–124.
35. Структурная мелиорация торфяно-болотных почв: обзор / Сост.: В. И. Белковский, В. М. Казаков. – М.: Колос, 1973. – 64 с.

ON OPTIMIZATION PROBLEM OF MINERAL NUTRITION OF CULTIVATED PLANTS ON BOGGY SOILS

V. K. Bakhnov

Due to specific features of their genesis the boggy soils are poor not only in principal nutritive elements for plants but also in silicon. The lack of silicon limits the yield and favors to lodging of silicon demanding plants. In order to enrich the soil with ash elements, including silicon, the mineral ground is recommend to be applied into plowing layer.

ОБ ИССЛЕДОВАНИИ РАСТИТЕЛЬНОГО ПОКРОВА БОЛОТ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

Н. А. Березина

Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова, berezina_n@mail.ru

За 100-летний период исследования болот Западной Сибири накоплен обширный материал, в том числе по растительному покрову и строению торфяных залежей. Задачи современных исследований – изучение экологии и свойств отдельных видов болотных растений, получение научной информации, сохраняющейся в торфяной залежи: разностороннее изучение истории природы в голоцене, археологическая информация и роль антропогенного фактора в истории природы территории, региональные особенности болотообразовательного процесса.

Изучение болот Западной Сибири началось более века тому назад, с экспедиций Переселенческого управления. Двадцатые и тридцатые годы – период прорывных работ в целом в болотоведении и заложения основ изучения болот Западной Сибири. С этого времени работы по болотам Западной Сибири расширялись и интенсифицировались.

В 50-х годах болота Западной Сибири активно исследовались объединением Торфгеология (б. Гипроторфразведка). В 60-х годах на болотах Западной Сибири успешно работал коллектив сотрудников Государственного гидрологического института. С 1965 г. до начала 90-х годов сотрудники географического, биологического, геологического факультетов и факультета почвоведения МГУ работали в рамках межфакультетской темы «Природные условия Западно-Сибирской равнины».

Наша работа (геоботаников Биологического факультета МГУ) шла в тесном сотрудничестве с научным отделом объединения Торфгеология. Программа исследования болот была составлена С. Н. Тюремовым. Задачи исследования обусловили экспедиционную форму исследования с использованием авиации, водного транспорта, а в лесостепной зоне – автомобилей. Экспедиция была оснащена картами, аэрофотоснимками (впоследствии – космическими снимками) от лесостепи до тундры.

Работа велась методом ключевых площадок, на которых производились геоботанические описания, зарисовывались геоботанические профили, фотографировались фитоценозы; с помощью торфяного бура отбирались образцы на ботанический анализ, степень разложения торфа, образцы болотных вод и торфа на химический анализ; придонные образцы отбирались для определения абсолютного возраста радиоуглеродным методом. Экспедиционная работа на такой обширной территории дала возможность выявить флористический состав болот, в том числе бриофлору и лишенофлору, выявить особенности болотных фитоценозов в разных климатических зонах и в районах современных неотектонических поднятий (Кеть-Тымское междуречье), опусканий (район Кондинского), разнонаправленных движений (согласно картам геологов МГУ). Собранный материал был использован в объединении Торфгеология для составления карт заболоченности Западной Сибири, районирования болот, составления классификации растительности болот.

Уже в то время, в 50–60-х годах среди болотоведов сформировалось убеждение, что время экспедиционных работ закончилось и настало время стационарных исследований. Однако в Западной Сибири это время задержалось до 1976 г. Болотоведческий стационар кафедры геоботаники МГУ был организован в 1978 г., на котором, вплоть до начала 90-х годов проходились ежегодные наблюдения: отмечалось колебание уровня болотных вод в разных фитоценозах, температура, освещённость, интенсивность транспирации сосны, болотных кустарничков, различных в разных фитоценозах. В этом районе разнонаправленных

неотектонических движений было отмечено разнообразие границ между лесом и болотом, отражающее динамику взаимоотношений этих фитоценозов.

Материалы публиковались в серии межфакультетских сборников «Природные условия Западной Сибирской равнины», а также в коллективных монографиях (Лисс, Березина, 1981; Лисс, Абрамова и др., 2001). В геоботанических исследованиях принимали участие студенты, аспиранты в основном кафедры геоботаники, а также факультета почвоведения МГУ, выполнявшие курсовые, дипломные, кандидатские работы по исследованию болот Западной Сибири.

Мы, с ботанической точки зрения, обычно придерживаемся следующего определения: болото – это такой биогеоценоз, где фитоценоз представлен сообществом растений-гигрофитов. Обилие влаги здесь сочетается с её застойностью, т.е. с недостатком кислорода. Для преодоления гипоксии и аноксии болотные растения используют разные пути образования воздухоносных полостей, постоянно образуют придаточные корни в деятельном горизонте торфяника, изменяют направление роста корней, образуют кочки, накапливают углеводы в корневищах. Эта адаптация, накопление углеводов, характерна для многих болотных растений и для растений заболачивающихся водоёмов (рогоз, белокрыльник, сусак, кубышка, кувшинка и др.): при недостатке или отсутствии кислорода углеводы под действием ферментов расщепляются, а освобождающаяся энергия используется в обменных процессах (гликолиз).

Накопление значительных количеств углеводов болотными растениями известно населению, проживающему на заболоченных территориях Вологодской губернии, Коми, севера Скандинавии и др. О пищевых, лекарственных, технических свойствах болотных растений хорошо осведомлены ханты. Здесь болотоведение смыкается с этноботаникой, к сожалению такого рода сведения уходят. В разных регионах приходилось слышать об использовании в пищу корневищ белокрыльника (*Calla palustris*), особенно обильного близ заболоченных водоёмов. Во время Великой отечественной войны сохранялись сведения и о способах приготовления этого растения, теряющего свои ядовитые свойства при высушивании и/или термической обработке. Например, в разных частях Западной Сибири в стойбищах хантов нами отмечено широкое использование длинных побегов осоки (*Carex lasiocarpa*), из которых плетут циновки, а для изготовления обуви используют прочные пружинящие сухие сосудисто-волокнистые пучки осоки, которые получают после специального «расчёсывания» и высушивания. Широкое использование гигроскопических и антисептических свойств сфагнумов общеизвестно.

Флора болот, включающая сосудистые растения, бриофлору и лишенофлору, была инвентаризирована за годы нашей работы на болотах Западной Сибири и составила 582 вида. Л. Г. Раменский ввёл в научный обиход положение об экологической индивидуальности видов растений. Разнообразие адаптаций растений к водно-минеральному режиму, гипоксии, своеобразие стратегий, взаимоотношения с грибами и прокариотами даёт основание говорить о яркой экологической индивидуальности болотных видов растений. Возможность передвижения по обширной заболоченной территории Западной Сибири, сравнение растительности болот, помогли выявить специфику и растительности и залежей болот в разных зонах, геоботанических районах, на разных геоморфологических уровнях.

Скорость торфонакопления (а, следовательно, и мощность торфяного слоя) в разных ботанико-географических зонах Западной Сибири и в разные периоды голоцена чётко различается и связана с длительностью вегетационного периода. Первоначальные очаги заболачивания возникли в конце плейстоцена в депрессиях различного происхождения (Орлов, 1959, 1960). Процесс болотообразования в целом прогрессировал, наибольший размах приобрёл в суббореальном периоде (Куликова, 1973), воссоздана картина сукцессий болотной растительности в голоцене.

Важно обратить внимание на вопросы охраны болот: выявление как типичных участков, так и уникальных, со своеобразными гидрохимическими условиями и присутствием редких и охраняемых растений (например, представителей сем. *Orchidaceae* и др.). Необходимо продолжать работы по изучению взаимоотношения болот с лесом. Разнообразие границ леса и болота, вскрывающие механизмы взаимоотношений этих фитоценозов перспективно для изучения динамики заболачивания, что важно и в теоретическом и в практическом отношении. Так, переслаивание разных торфов на болотных окрайках свидетельствует о сложной динамике этого процесса. Центры крупных болотных массивов обычно очень монотонны по ботаническому составу и дают важный материал для понимания разнообразных гомеостатических механизмов существования болот, их автономности в современных природных условиях. В современную эпоху основным фактором существования и развития западносибирских болот стали сами болота, их колоссальная био- и мортмасса, сформировавшие собственный рельеф, гидрологический режим болота и прилегающих территорий. Эти вопросы требуют дальнейшего исследования.

В настоящее время болота рассматриваются как источник разнообразной научной информации: сукцессии болотной растительности в течение голоцена, этапы и механизмы заболачивания территории, история лесов (спорово-пыльцевой анализ болотных отложений), история климата, а также археологические свидетельства жизни человека. Спорово-пыльцевой анализ болотных отложений, выявление пыльцевых зёрен, имеющих индикационное значение, поможет оценить начало, формы и интенсивность антропогенного воздействия на природу Западной Сибири.

Литература

1. Куликова Г. Г. Динамика болот левобережного Приобья Томской области на протяжении голоцена. Автореф. ... канд. биол. наук. – М., 1973. – 24 с.
2. Лисс О. Л., Березина Н. А. Болота Западно-Сибирской равнины. – М.: Изд-во МГУ, 1981. – 205 с.
3. Лисс О. Л., Абрамова Л. И. и др. Болотные системы Западной Сибири и их природоохранное значение. – М., 2001. – 584 с.
4. Орлов В. И. Об особенностях распространения некоторых форм рельефа в пределах Западно-Сибирской низменности // Изв. АН СССР. Сер.геогр. – 1959. – №6. – С.107–112.
5. Орлов В. И. Генезис и морфология озёрных котловин Западно-Сибирской низменности. // Изв. ВГО. – 1960. – Т.92. – Вып.3. – С. 227–235.

ABOUT RESEARCH OF THE VEGETABLE COVER PEATLANDS WEST SIBERIA

N. A. Berezina

The tasks of the modern researches is studing of ecologies and characteristic separate type of marsh plants, reception scientific information , saving in peatland. many-sided studing of histories of the nature in Holocen, archeological information and role of antropogenic factor in history of the nature of the territory, regional particularities of bog formation process.

ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ БИОГЕОЦЕНОЛОГИЯ КАК ОСНОВА ОЦЕНОК БИОСФЕРНОЙ РОЛИ ЛЕСОВ И БОЛОТ¹

С. Э. Вомперский

Учреждение РАН Институт лесоведения РАН, Москва, root@ilan.ras.ru

Обсуждаются причины различных оценок влияния лесов, болот и других экосистем на углеродный баланс. Предлагается в биогеоценозах стационарного изучения сочетать методы микрометеорологических определений NEE с наземными исследованиями NPP, NEP и лабораторными опытами. Необходимо улучшить государственный учет лесов и болот.

Настоящее сообщение посвящено методологии исследований круговорота веществ и энергии болотных экосистем, причинам, влияющим на оценки их биосферной роли. Конечно, на первом месте среди причин – сложность задачи, несовершенство методов экспериментальных исследований в натуре, недостаток современных приборов. Но существенное значение имеют также субъективные позиции авторов. Пренебрежение теми или иными теоретическими представлениями, прямо относящимися к обсуждаемой теме, например, концепцией биогеоценоза В. Н. Сукачева (1957) или на фоне недостатка оценок биосферной роли болот, лесов и других биомов, конкуренция за приоритеты публикаций, не смотря на слабость данных, предпочтение результатам, удовлетворяющих грантодателей и т.п. [1]. Все это при обилии изданий увеличивает информационный «шум», затрудняет установление истины.

Остановимся сначала на том, что средообразующая роль лесов, болот, любых биомов должна основываться, прежде всего, на лучшем знании природы элементарных ячеек биосферы – биогеоценозов, их средообразующих свойствах, функциональном различии внутри одной и разных природных зон. Центральным пунктом учения о биогеоценозах В.Н. Сукачева является установление типичности круговорота веществ и энергии, свойственных однородным по структуре компонентам биогеоценозам, относимым к одному типу [1, 2]. К сожалению, биогеоценология пока мало продвинулась в этом направлении развития, самом главном для неё. Это полностью относится и к болотам, между тем, даже само отнесение объекта к лесу или болоту нередко не исчерпывается обычным в геоботанике визуальным фитоценоотическим подходом без функциональных характеристик экосистемы, в частности, незамкнутости круговорота веществ [3].

Согласно В.Н. Сукачеву (1964) «биогеоценоз – совокупность на известном протяжении земной поверхности однородных природных явлений (атмосферы, горной породы, растительности, животного мира и мира микроорганизмов, почвы и гидрологических условий), имеющая свою особую специфику взаимодействий составляющих ее компонентов и определенный тип обмена веществом и энергией между собой и другими явлениями природы и представляющая собой внутренне противоречивое единство, находящееся в постоянном движении, развитии» [4].

Иначе говоря, понятие биогеоценоза отвечает представлению об элементарной наземной экосистеме – ячейке биогеосферы в границах однородного растительного сообщества.

Идеология биогеоценоза была хорошо воспринята и в течение второй половины XX века, существенно развивалась. Предлагался ряд уточняющих определений понятий биогеоценоза, в принципе сходных с вышеприведенным В. Н. Сукачева [5, 6, 7]. Между тем, были ученые у нас и за рубежом, которые не разделяли преимуществ концепции биогеоценоза

¹ Работа выполнена при финансовой поддержке Программы фундаментальных исследований ОБН РАН «Биологические ресурсы России: оценка состояния и фундаментальные основы мониторинга».

и пользовались терминами «экосистема», «ландшафт» или его составляющими, что лучше отвечало специфике объектов их исследований.

По В. Н. Сукачеву, основной задачей биогеоценологии является изучение биогеоценологического процесса, т.е. типа обмена веществ и энергии, оценивающего функционирование («работу») биогеоценоза – наиболее однородной мелкой единицы биосферы [1, 2]. Он писал: «Хотя биогеоценология должна изучать биогеоценозы во всех отношениях, но основной задачей является всестороннее выяснение обмена веществ и энергии между всеми компонентами биогеоценоза и между ним и окружающей средой» (Сукачев, 1947, с. 302–303) [2].

Разделяя учение В. И. Вернадского о биосфере, В. Н. Сукачев считал, что совокупная «работа» биогеоценозов формирует функцию биосферы: «...космическая, биогеохимическая роль живой материи осуществляется через биогеоценоз, через биогеоценологический процесс...» [1]. Вот почему он настаивал, что в основе классификации биогеоценозов должны быть знания различий, свойственных им круговоротов веществ и энергии, а методы управления биогеоценозами (в т.ч. биосферными функциями) сводятся, в конечном счете, к управлению экосистемными потоками веществ и энергии.

К сожалению, еще при жизни В. Н. Сукачева количественному определению потоков веществ и энергии в разных биогеоценозах, включая болотные, уделялось недостаточное внимание, главным образом, из-за трудностей исследования. Н. В. Дылис (1978) вообще считал, что о «работе» биогеоценоза можно «легко» судить по косвенным признакам – состоянию компонентов биогеоценоза, недооценивая значимость баланса круговорота и уделяя больше внимания «структурно-функциональной организации биогеоценозов» [8]. А позднее само определение «функционирования» – работы экосистемы стало расплывчатым. Например, А. С. Керженцев в монографии «Функциональная экология» объясняет, что она «изучает механизмы функционирования экосистем, динамику и ритмику режима их функционирования..., изменчивость экосистем во времени и устойчивость их к негативным воздействиям (с. 17, 18) [9]. Из этого следует, что установление величины собственно материальной «работы» экосистем непосредственно не относится к их функционированию или уж, по крайней мере, не является главной задачей исследований функционирования биогеоценоза вопреки представлений В. Н. Сукачева. Но именно разная мера усваиваемой энергии, производимых экосистемой пулов и потоков вещества и баланс этих потоков с окружающей средой в разном временном масштабе особенно важны для науки и рационального природопользования.

Методология исследования функционирования сложных систем, какими являются природные экосистемы по определению включают совокупность многих методов изучения разных процессов. Даже ограничиваясь только одним-тремя главными процессами, например, синтез – деструкция органического вещества, круговорот воды или какого-либо химического элемента, мы сталкиваемся с применением опять-таки разных методов. К сожалению, все они несовершенны для наших задач и ограничивают достижение необходимой точности баланса определяемых потоков в экосистеме.

Общей принципиальной трудностью является то, что измеряемые процессы, как абиотические (потоки веществ, энергии), так и биологические варьируют по площади биогеоценоза, внутри вегетационного периода (года) и между годами. Получение репрезентативных оценок для определенного пространственно-временного масштаба на основе срочных измерений процесса в «точке» или «точках» участка (объема) биогеоценоза оказывается непростым делом.

Отделить ошибочные результаты срочных наблюдений от действительной вариации потока в биогеоценозах, относимых к одному типу, в публикациях разных авторов практически невозможно, даже более консервативная характеристика – сама структура «однородных» фитоценозов и других компонентов биогеоценоза не бывает совершенно одинаковой [6, 10].

Сложность задач изучения биогеоценотических процессов опередила уровень знаний, возможности методов исследований, а в России и возможности материально-технического обеспечения и трудозатрат.

Ощущается явная недостаточность использования общих фундаментальных законов физики, а также применения математического моделирования в описании структурно-функциональной организации биогеоценозов. Пространственно-временная изменчивость процессов, протекающих в биогеоценозах – открытых биокосных системах, необратимость этих процессов ограничивают возможность использования для их описания аппарата классической термодинамики закрытых физических систем [11]. Эффективность математического моделирования вообще оказывается крайне низкой вследствие пока недостаточного понимания сущности процессов накопления, удержания, превращения и освобождения вещества и энергии в биогеоценозах, а также недостаточной репрезентативности и достоверности полевых экспериментальных данных исследований этих процессов. Воспроизводимость опытных данных, столь нормальная в точных науках, в биогеоценологии, в природных условиях допускает лишь интервальную оценку.

Многие биогеоценотические процессы для исследования крайне дорогие или не поддаются пока прямым методам измерения в естественных условиях: определение прироста и опада органического вещества подземных частей фитоценоза, включая корневые выделения живых корней; разделение в натуре потока CO_2 из почвы на его автотрофную, ризосферно-микробную и собственно гетеротрофную составляющие; вынос растворенных соединений углерода, азота и других элементов; функциональная оценка различных групп низших организмов в почве (азотфиксаторов, метаногенов и метанотрофов и др.); измерение грунтового притока воды, инфильтрации, эвапотранспирации и т. д. и т. п. Поэтому даже в сравнительно несложных моделях и расчетах циклов (потоков) того или иного элемента в конкретном биогеоценозе, и тем более, в региональных оценках, используются многочисленные допущения. Научная и прикладная значимость таких моделей и расчетов оказывается весьма ограниченной.

Важные для понимания механизмов лабораторные и полулабораторные опыты обычно нельзя по масс-переносу распространять на экосистемные характеристики. Например, лабораторное определение скорости разложения органических остатков растений, активности микрофлоры (Bag-method, чашечные культуры на питательных средах) или разделение составляющих эмиссию CO_2 из почвы на автотрофную и гетеротрофную (выборкой из образцов почв корней, либо изотопными опытами и т.п.) обречены на артефакты оценок скоростей процессов действительно имеющих место в природе. Экосистемное разнообразие обширных пространств в функциональном отношении изучено слабо. Между тем, исследователей нередко не смущает это, в частности, при общем крайнем недостатке (особенно в азиатской части страны) по разным типам почв покрытия даже срочных измерений «почвенного дыхания». Внутрисуточные колебания почвенного дыхания (измеряемого через 1 час), составляет 25–43 %, короткопериодные – за 2–5 суток от среднесезонной 27–83 % [12, 13]. Годичная эмиссия имеет вариацию 100 % [14]. Предлагаются сезонные и годовые оценки для всей страны не только «почвенного дыхания» 3,12 Гт С год⁻¹ и 4,5 Гт С год⁻¹ [15, 16], но и вклада в него эмиссии CO_2 почвенных микроорганизмов, иллюстрируемые соответствующими картами [17, 18]. Конечно, такого рода расчеты делаются с большим количеством априорных допущений.

На основе корреляции продуктивности с хлорофильным индексом растений, предлагалось использовать этот подход для лесов, поскольку возможны дистанционные оценки их хлорофиллового покрытия [19]. Анализ литературных источников по нетто первичной продуктивности (NPP) лесов с известным количеством хлорофилла обнаружил, что в среднем для большинства пород (кроме ели) 1 кг хлорофилла за вегетацию синтезирует

310 кг углерода [20]. По другому обобщению – 145 кг углерода [21]. В последней работе дается при «непрозрачной» методике суммарный по природным зонам NPP России $4,4 \text{ Гт С год}^{-1}$ с точностью оценки 15–20 %. Нам кажутся такие оценки лишь возможным приближением. Недостаток экспериментальных данных удельной эффективности хлорофиллового индекса и трудности обеспечения репрезентативного по зонам его дистанционного определения (физическое состояние атмосферы, различие структуры полога, оптической плотности и др.) еще нуждаются в серьезных исследованиях, также как и собственно физиологических вопросов, в частности, флоэмного транспорта CO_2 деревьями [22]. Нам неизвестны исследования по эффективности «работы» хлорофилла перестойных лиственных деревьев.

Наиболее распространены попытки оценки NPP лесных земель по данным государственного учета лесного фонда, которые колеблются от $5,6$ до $1,75 \text{ Гт С год}^{-1}$ [23, 24, 25]. Острыми вопросами остаются обоснования применяемых конверсионных коэффициентов, учета отпада и опада, особенно корневых систем, и разложения дебриса, запаса и оборота почвенного углерода. Сток углерода оценивается от отрицательного – $-0,53 \text{ Гт С год}^{-1}$ [23] до положительного – $0,49 \text{ Гт С год}^{-1}$ (Shvidenko et al., 2009) и даже $0,8\text{--}0,9 \text{ Гт С год}^{-1}$ [26]. Сам учет качества земель, площадей болот, система инвентаризации лесного фонда не отвечают задачам оценки циклов углерода страны [27]. Вообще проблема биосферной роли экосистем охватывает все стороны круговорота веществ. Но центральным является круговорот углерода, с которым связаны все остальные потоки вещества.

Мы убеждены, что биосферный (региональный) вклад в углеродный цикл лесов, болот или всего «зеленого» покрова должен базироваться на надежных экспериментальных исследованиях элементарных единиц – эталонных биогеоценозов, где пулы углерода, NPP, NEP, как и баланс потоков углерода должны определяться как можно точно с минимизацией допущений. Экстраполяции же из разнородных исследований с множеством переносов данных опыта с одним растением (ветвью) на ценозы и даже целые природные зоны, с травяных (сельскохозяйственных культур) на разные естественные леса, с распространением минутных измерений динамических процессов на сутки, месяцы и более, результатов лабораторного опыта непосредственно на экосистемы – чреваты умножением неопределенностей. Эталонные биогеоценозы стационарного наблюдения (хотя бы редкая сеть) за динамикой процессов должны служить контролем или не противоречить данным дистанционных определений показателей более крупных экосистем.

Как уже не раз обсуждалось, среди множества методов определений баланса углерода и важных составляющих его расчета удовлетворительного одного метода для экосистем нет. Если говорить об обмене потоками CO_2 биогеоценоза с атмосферой, т.е. о разности их (NEE – Netto ecosystem exchange) в принципе лучшим подходом является использование системы «Eddy covariance», если измерительная вышка, сенсорное оборудование правильно расположены в ландшафте и конкретном растительном покрове. Но, как показывают результаты микрометеорологических наблюдений на канадском верховом болоте, баланс по годам разный, требуется, как считают некоторые исследователи, до 20 лет наблюдений для получения оценок, характерных современному климату [28]. Сами наблюдения дороги, а сбои требуют анализа и обоснованной отбраковки ошибочных измерений. Для баланса углерода (нетто-экосистемной продукции) требуется еще учитывать эмиссию CH_4 и вымывание растворенного органического углерода. Но главное для понимания собственно биогеоценотического процесса и возможности управления им, надо знать сами статьи баланса – пулы углерода, интенсивность потоков, время задержания углерода в разных компонентах биогеоценоза. Особенно трудно (если вообще возможно) оценивать углерод подземной части первичной продукции растительности и разделить почвенную эмиссию CO_2 на автотрофную и гетеротрофную составляющие. Пока

лабораторные опыты с меченым углеродом возможны лишь с травяными растениями и ювенальными древесными. И, в принципе, мы далеко не ушли от первых выводов автора метода «закрытых камер (колокола)» Люндегорда, который еще в начале прошлого века по разности «дыхания почвы» с травяной растительностью и без- пара оценивал автотрофный и гетеротрофный потоки из почвы. Понятно, что лесные почвы и почвы из-под травяных и сельскохозяйственных культур, первичная брутто- и нетто продукция лесных экосистем, скорость круговорота веществ разные. Прямые переносы результатов лабораторных определений (часто в искусственно нарушенной почве) на естественные экосистемы лесов, болот и других ценозов слишком грубы. И, по сути, нет признанного испытанного лабораторного метода с меченым углеродом для растений (C_3 , C_4) и соответствующих почв [29].

Типичным примером необходимости биогеоценологических исследований могут служить кажущиеся «контрожидаемыми» результаты измерений NEE, в частности в совместных с европейскими, учеными Института экологии и эволюции РАН и Института леса СО РАН. В Тверской обл. разновозрастный ельник чернично-сфагновый IV класса бонитета с индексом листовой поверхности (LAI – 4) на торфяной (40 см) почве со старшим поколением древостоя 180 лет «работает» в течение 7 лет (1999–2005 гг.) как источник CO_2 ($182 \text{ г C м}^{-2} \text{ год}^{-1}$) [30, 31]; а сосняк лишайниковый V класса бонитета, 200 лет (LAI–1,5) под Красноярском на песчаной почве по 6-летним (1998–2003) наблюдениям функционировал как поглотитель CO_2 примерно с такой же интенсивностью [32, 33, 34,]. При этом в дождливые сезоны заболоченный ельник эмиссировал CO_2 больше, чем в нормальные по увлажненности сезоны. Только хорошие наземные биогеоценологические исследования, в комплексе с микрометеорологическими, «снимут» важные вопросы, и выявят причины разного влияния этих лесов на углеродные потоки: из каких пулов исчезнет углерод и где он накапливается, исключены ли ошибки измерений и расчетов NEE, что приведет в соответствие данные разных наблюдений.

Аналогичный подход требуется в разрешении вопроса об экологическом влиянии гидролесомелиорации болот. Тенденция сгладить оценки возможного отрицательного следствия массовой гидролесомелиорации на баланс углерода и тепличное действие эмиссий CO_2 , CH_4 и др. газов финских болот прослеживается в оценках [35, 36]. Близкую позицию занимали по карельским исследованиям В. И. Саковец и др. (2000) и противоположную М. Ф. Макаревский (1991) [37, 38].

Актуальной остается задача оценки скорости торфонакопления – деструкции естественных болот в разных регионах в связи с изменяющимся климатом. Её решение также требует комплексного подхода исследований.

Таким образом, в большом количестве важных и трудных задач изучения средообразующей функции лесов, болот, других экосистем, существующие различия данных и мнений происходит прежде всего от недостатка наших знаний функционирования биогеоценозов, несовершенства применяемых методов, пока недостаточного приборного и материального технического обеспечения и внимания ученых к этому направлению исследований.

Литература

1. Сукачев В.Н. Развитие лесной типологии в СССР за 40 лет // Достижения науки в лесном хозяйстве СССР за 40 лет. – М.: Гослесбумиздат. 1957.
2. Сукачев В.Н. Основы теории биогеоценологии. Юбилейный сборник АН СССР. – М.-Л. Изд-во АН СССР. 1947. – С. 283-305.
3. Вомперский С.Э. Лес и болото: особенности круговорота веществ и проявления биосферной роли // Лесоведение. – 1991. – №6. – С. 54–64.

4. Сукачев В. Н. Основные понятия лесной биогеоценологии. // Основы лесной биогеоценологии / Ред. В. Н. Сукачев, Н. В. Дылис. – М.: Наука, 1964. – С. 5–49.
5. Тимофеев-Ресовский Н. В. О некоторых принципах классификаций биохорологических единиц // Вопросы классификации растительности: Тр. Института биологии Уральского филиала АН СССР, 1961. – Вып. 27. – С. 23–28.
6. Работнов Т. А. Фитоценология. 2-е изд. – М., 1983. – 296 с.
7. Остроумов С. А. Новые варианты определения понятий и терминов «Экосистема и биогеоценоз» // ДАН, 2002. – Т. 383. – №4. – С. 571 – 573.
8. Дылис Н. В. Основы биогеоценологии. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1978. – 151 с.
9. Керженцев А. С. Функциональная экология. – М.: Наука. 2005. – 259 с.
10. Миркин, Розенберг Г. С. Фитоценология: принципы, методы. – М.: Наука. 1978. – 211 с.
11. Пригожин И. Введение в термодинамику необратимых процессов. – М.: Изд-во Иностран. лит. 1960. 127 с.
12. Ларионова А. А., Розонова Л. Н., Самойлов Т. И. Динамика газообмена в профиле серой лесной почвы // Почвоведение. – 1988. – №11. – С. 68–75.
13. Ларионова А. А., Иванникова А. А., Демкина Т. С. Методы определения эмиссии CO₂ из почвы // Дыхание почвы. – НЦБИ РАН. Пущино. – 1993. – С. 11–26.
14. Кудеяров В. Н. Почвенные источники углекислого газа на территории России // Круговорот углерода на территории России / под ред. Г.А. Заварзина. – М., 1999. – С. 165–201.
15. Кудеяров В. Н., Хакимов Ф. И., Деева Н. Ф. и др. Оценка дыхания почв России // Почвоведение. – 1995. – № 1. – С. 33–42.
16. Kudeyarov V.N., Kurganova I.N. Carbon dioxide emission and net primary production of Russian terrestrial ecosystems // Biol.Fertil. Soils. – 1998. – Vol.27. – P. 246–250.
17. Кудеяров В.Н., Заварзин Г.А., Благодатский С.А. и др. Пулы и потоки углерода в наземных экосистемах России / Отв. ред. Заварзин Г.А. – М.: Наука, 2007. – 315 с.
18. Курганова И. Н. Эмиссия и баланс диоксида углерода в наземных экосистемах России: автореферат дис. ... д-ра биол. наук. – М., 2010. – 48 с.
19. Тарчевский И. А. Основы фотосинтеза. – М.: Высшая шк., 1977. – 253 с.
20. Цельникер Ю. Л., Малкина И. С. Хлорофильный индекс как показатель годичной аккумуляции углерода древостоями леса // Физиология растений. – 1994. – Т. 41. – №3. – С. 325–330.
21. Воронин П. Ю., Ефимцев Е. И., Васильев А. А., Ватковский О. С., Мокроносов А. Т. Проектное содержание хлорофилла и биоразнообразие растительности основных ботанико-географических зон России // Физиология растений. – 1995. – Т. 42. – С. 295–302.
22. Воронин П. Ю., Блэк К. К. Значение и место фотосинтетического стока углерода в органической ветви его глобального цикла // Физиология растений. – 2005. – Т. 52. – №1. – С. 81–89.
23. Nilsson S., Shvidenko A., Stolbovoi V. et al. Full carbon account for Russia. – Luxemburg, 2000. – 180 p.
24. Швиденко А. З., Нильсон С., Столбовой В. С. и др. Опыт агрегированной оценки основных показателей биопродукционного процесса и углеродного бюджета наземных экосистем. 2. Нетто-первичная продукция экосистем // Экология. – 2001. – №2. – С. 83–90.
25. Замолодчиков Д. Г., Уткин А. И., Коровин Г. Н., Честных О. В. Динамика пулов и потоков углерода на территории лесного фонда России // Экология. – 2005. – №7. – С. 323–333.
26. Кудеяров В. Н., Демкин В. А., Комаров А. С. Природная и антропогенная эволюция почв, круговорот углерода в ландшафтах в связи с изменениями климата и катастрофическими явлениями // Изменение окружающей среды и климата. ИФХ и БПП РАН. – 2008. – Т.IV. – С. 13–35.
27. Сухих В. И. Уткин А. И. Информационно-инвентаризационный проблемы лесного фонда в связи с экологизацией лесного хозяйства // Лесоведение. – 2003. – №1. – С. 3–15.
28. Roulet N. T., Lafleur P. M., Richard P. J., Moore T. R., Humphreys E. R., Bubier J. L. Contemporary carbon balance and late Holocene carbon accumulation in a northern peatlands. // Global Change Biology. – 2006. 12. – P. 1–15.
29. Кузяков Я. В. Разделение корневого и ризомикробного дыхания методом естественного варьирования ¹³C: теоретический подход, преимущества и трудности // Эмиссия и сток

- парниковых газов на территории Северной Евразии /под ред. Н.П. Лаверова. – Пушчино, 2004. – С. 112–117.
30. Milyukova I. M., Kolle O., Varlagin A., Vygodskaya N., Schulze E., Lloyd J. Carbon balance of a southern taiga spruce stand in European Russia // *Tellus*. – 2002. – 54B. 5. – P. 429–442.
 31. Varlagin A. V., Vygodskaya N. N., Kurbatova Yu. A. Carbon and Water Fluxes in South Taiga Ecosystem measured by Eddy Covariance technology // III Intern. Conf. “Emission and sink of greenhouse gases in the Northern Eurasia territory. – Pushchino. 2007. Poster.
 32. Lloyd J., Shibistova O., Zolotoukhine D., Kolle O., Arneeth A., With C., Styles J., Tshebakova N., Schultze E. Seasonal and annual variations in the photosynthetic productivity and carbon balance of a central Siberian pine Forest // *Tellus*. – 2002. 54B. 5. – P. 590–610.
 33. Чебакова Н. М., Колле О., Золотухина Д. А., Ллойд Дж., Арнет А., Парфенова Е. И., Шульце Е.-Д. Годичная и сезонная динамика энерго-и массообмена в сосновом лесу средней тайги // *Лесные экосистемы Енисейского меридиана* / ред. Ф. И. Плешиков. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2002. – С. 252–264.
 34. Ваганов Е. А., Ведрова Э. Ф., Верховец С. В., Ефремов С. П. и др. Леса и болота Сибири в глобальном цикле углерода // *Сибирский экологический журнал*. – 2005. – №4. – С. 631–649.
 35. Crill P., Harqureaves K., Korhola A. The role of peat in Finnish Greenhouse gas balances. Ministry of trade and Industry. – Finland, 2000. – 71 p.
 36. Laine J., Minkkinen K. Forest drainage and the greenhouse effect // *Peatlands in Finland*. Ed. Vasander H. Finnish Peatland Society. – Helsinki, 1996. – P. 10–19.
 37. Саковец В. И., Германова Н. И., Матюшкин В. А. Экологические аспекты гидrolесомелиорации в Карелии. – Петрозаводск, 2000. – 155 с.
 38. Макаревский М. Ф. Запас и баланс органического углерода в лесных и болотных биогеоценозах Карелии // *Экология*. АН СССР. – 1991. – № 3. – С. 3–10.

FUNCTIONAL BIOGEOCENOLOGY AS THE BASE FOR ESTIMATING THE BIOSPHERE ROLE OF FORESTS AND MIRES

S. E. Vompersky

Reasons of different estimating the influence of forests, mires and other ecosystems upon the carbon balance are discussed. It is supposed to combine the methods of eddy covariance for the estimation of NEE (netto ecosystem exchange) with ground-based investigations of NPP (netto primary production), NEP (netto ecosystem production) and laboratory experiments. It is necessary to improve the state inventory of forests and mires.

О МЕТОДЕ «ОБРАТНОЙ ЗАДАЧИ» ИЗМЕРЕНИЯ ИНТЕНСИВНОСТИ ГАЗООБМЕНА НА ГРАНИЦЕ ПОЧВА/АТМОСФЕРА

М. В. Глаголев^{*,**}, А. Ф. Сабреков^{*}

^{*}Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, г. Москва, misternickel@mail.ru

^{**}Югорский государственный университет, г. Ханты-Мансийск, m_glagolev@mail.ru

Рассмотрены некоторые основополагающие принципы и особенности реализации метода «обратной задачи» – перспективного распределённого метода оценки газообмена на границе почва/атмосфера, использование которого позволит избежать как недостатков метода статических камер, так и микрометеорологических методов.

Введение

Одна из главных экологических функций почвенного покрова – регуляция газового режима на планете, поскольку в почвах осуществляются процессы аккумуляции и разложения органических веществ, замыкаются природные круговороты газов, происходит иммобилизация активных и вредных для жизни летучих химических соединений, загрязняющих атмосферу [1, с. 3]. Традиционно в почвоведении с целью количественной оценки потоков газов на поверхности почвы используется камерно-статический метод. Но если взглянуть на этот метод с позиции глобального масштаба, то становится очевидно, что он является, по сути дела, «точечным», ибо позволяет определить лишь поток в точке расположения камеры. Поэтому к настоящему времени получают все большее распространение методы, которые можно назвать «распределёнными» (по аналогии с понятием «распределённая система» – см., например, [2]). Эти методы позволяют сразу оценить поток с площади в десятки, сотни, а то и тысячи квадратных километров. В частности, распределёнными являются общеизвестные «микрометеорологические» методы (термин «микрометеорология» указывает на то, что предметом изучения являются физические процессы, имеющие место над ограниченными районами поверхности земли, главным образом в пределах нижних слоев атмосферы [3]). В самом общем виде идея таких методов состоит в том, что величину потока газа из почвы можно определить по атмосферным измерениям его концентрации [4]. Наиболее распространёнными среди них являются градиентный метод, метод «гигантской камеры», «eddy accumulation» и «eddy correlation». Подробнее с этими методами можно познакомиться, например, в [5, 6], а здесь мы весьма кратко опишем лишь некоторые из них, останавливаясь, в основном, на недостатках.

Микрометеорологические методы

Суть **метода гигантской камеры** состоит в следующем. При устойчивой температурной стратификации атмосферы вертикальное перемешивание отсутствует. Это приводит к возникновению существенной разницы между приземным слоем и верхней частью планетарного пограничного слоя. По изменению концентрации газа в приземном слое можно судить о потоке, как и в случае изменения концентрации в обычной камере. Очевидным недостатком является то, что **метод применим не в какой-то произвольный момент, когда необходимо исследователю, а лишь при устойчивой температурной стратификации, которая**, кстати говоря, **должна сохраняться достаточно долго**, чтобы было возможно надёжно определить изменение концентрации в атмосфере.

Градиентный метод измерения газов на границе почва/атмосфера основан на том, что вертикальный турбулентный поток инертной газовой примеси в атмосфере пропорционален градиенту концентрации и практически не изменяется с высотой в приземном слое воздуха [7]. Чтобы вычислить градиент необходимо осуществить пробоотбор как минимум с двух разных высот, причем, чем дальше друг от друга (по высоте) отстоят

пробоотборники, тем меньший поток можно уловить. Однако различные высоты имеют разные «футпринты» («футпринтом» называется область на поверхности почвы, влияющая на формирование в заданной точке пространства данной концентрации изучаемого газа). А поскольку футпринты различны для разных высот, то, следовательно, с этой точки зрения следует размещать пробоотборники как можно ближе друг к другу. Но если пробоотборники совпадают, то мы не сможем измерить градиент, если же они отстоят друг от друга на некотором расстоянии, то, фактически, **корректное применение градиентного метода возможно лишь над однородной (в смысле величины эмиссии) поверхностью**.

По методу «**eddy correlation**» (для которого в отечественной литературе иногда используется термин «**метод пульсационных измерений**») измеряют мгновенные значения концентрации (c) и вертикальной скорости движения среды (W) в одной и той же точке на какой-либо высоте. Вертикальный удельный поток газа (q) следующим образом выражается через c , W или соответствующие флуктуации (c' , W') [8, 9]: $q = \hat{E}(W' \cdot c') = \hat{E}(c' \cdot W) - \hat{E}(c) \cdot \hat{E}(W)$, где $\hat{E}()$ обозначает операцию усреднения по времени, т.е., например, запись $\hat{E}(C)$ означает, что берется среднее (за некоторый период времени τ) значение концентрации (естественно, удельный поток q получается именно для этого интервала времени τ). Раз измерения ведутся на одной высоте, то данный способ лишен рассмотренного выше недостатка градиентного метода. Однако при помощи последнего (хотя бы при его использовании для измерений на однородной поверхности) возможно измерить весьма малые потоки почти в любых погодных условиях: если при данном расстоянии между пробоотборниками точность аналитического оборудования не позволяет уловить разницу между соответствующими концентрациями, то ничто не мешает исследователю разнести пробоотборники на большее расстояние – такое, на котором разница уже существенная. **В методе же «eddy correlation» у исследователя такой свободы нет: если в атмосфере сложились метеорологические условия, при которых флуктуации концентрации очень малы и не фиксируются имеющимся аналитическим оборудованием, то произвести измерения нельзя** (разве что увеличить τ , но тогда поток будет получен за это большее время осреднения, а на больших временах поток может существенно меняться).

Ниже мы рассмотрим «метод обратной задачи», являющийся наиболее общим (среди распределенных методов), но по каким-то причинам не получивший распространения при измерении эмиссии в масштабах $10^1 - 10^3$ км². Изложение будет вестись на примере измерения потока метана из почвы, хотя метод может быть применён к любым лёгким пассивным примесям, выделяемым (или поглощаемым) почвой.

Метод обратной задачи

В [10] показано, что распространение невесомой пассивной примеси во многих случаях с необходимой точностью описывается уравнением

$$u(t) \cdot \partial C / \partial x = \partial \{ [k_x(t) + D] \cdot \partial C / \partial y \} / \partial y + \partial \{ [k_z(t) + D] \cdot \partial C / \partial z \} / \partial z \quad (1)$$

где u – скорость ветра; C – разность концентрации газа и ее фонового значения; k_x , k_y , k_z – коэффициенты турбулентной диффузии вдоль осей x , y , z (оси x и y расположены в горизонтальной плоскости, а ось z направлена вертикально вверх); D – коэффициент молекулярной диффузии метана; t – время.

Рассмотрим некоторую область пространства, ограниченную плоскостями $x = 0$, $y = 0$, $y = Y$, $z = H$, а также плоскостью $z = 0$ (соответствующей подстилающей поверхности; считаем, что на части этой поверхности расположена заболоченная местность). Задаются следующие граничные условия [11]:

$$C(0, y, z) = C(x, 0, z) = C(x, Y, z) = C(x, y, H) = 0, \quad (k_z + D) \cdot \partial C / \partial z \Big|_{z=0} = q, \quad (2)$$

где $q(x; y)$ – поверхностная плотность потока метана, причём $q \neq 0$ при $(x; y) \in \Omega$, $q = 0$ при $(x; y) \notin \Omega$, Ω – область, которую занимает болото в плоскости (x, y) .

Пусть значения C_i измерены в каких-либо точках с координатами (x_p, y_p, z_p) . Мы можем решить прямую задачу (1)–(2) при различных величинах q и выбрать ту из них, при которой экспериментально измеренные превышения C_i наиболее близки к полученным из решения задачи (1)–(2) значениям $C(x_i, y_i, z_i)$. Очевидно, что для решения задачи (1)–(2) необходимо иметь некоторые параметризации u , k_y и k_z . Для простоты мы далее будем рассматривать двумерную модель (содержащую только направления x и z). Для получения этого упрощения расположим ось x перпендикулярно к границе болота, а ось y – параллельно этой границе (т.е. мы рассматриваем только тот случай, когда ветер дует в сторону болота строго перпендикулярно его границе). Если рассматривать болото, весьма протяженное вдоль y , а относительно q считать, что $q \approx \text{const}$ в любой точке болота, то в этой ситуации $\partial C / \partial y = 0$ и диффузионным членом, содержащим k_y , можно пренебречь.

Предполагая, что измерения превышений производятся на высотах порядка метров, мы приходим к необходимости параметризации u и k_z в приземном слое (имеющем толщину h). Чтобы дать читателю понятие о параметризации, рассмотрим формулы из [7] (высота приземного слоя взята по [12]):

$$J(x) = \ln(x) + 10 \cdot x \text{ при } x > 0, \quad J(x) = \ln|x| \text{ при } -0.07 \leq x < 0, \quad J(x) = 0.25 + 1.2|x|^{-1/3} \text{ при } x < -0.07,$$

$$G(x) = 1/x + 10 \text{ при } x > 0, \quad G(x) = 1/x \text{ при } -0.07 \leq x < 0, \quad G(x) = -0.4|x|^{-4/3} \text{ при } x < -0.07,$$

$$f = 2 \cdot \Theta \cdot \sin(w); \quad h = 0.4 \cdot (u^* \cdot L / f)^{1/2}; \quad k_z = \kappa \cdot u^* \cdot L / G(z/L) \text{ при } z < h, \quad k_z = \kappa \cdot u^* \cdot L / G(h/L) \text{ при } z > h;$$

$$u = (u^* / \kappa) \cdot [J(z/L) - J(z_0/L)]; \quad \Delta u = u_2 - u_1; \quad \Delta T = T_2 - T_1;$$

где $\kappa = 0,38$ – константа Кармана; $z_0 = 0,04$ – параметр шероховатости (м); u_2, T_2, u_1, T_1 – значения скорости ветра (м/с) и температуры (°C) на высотах z_2 и $z_1 = n \cdot z_2$ соответственно (для модельных расчётов использовались значения $u_2 = 2 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$, $T_2 = 16 \text{ }^\circ\text{C}$, $u_1 = 1 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$, $T_1 = 15 \text{ }^\circ\text{C}$, $z_2 = 2 \text{ м}$, $z_1 = 0,5 \text{ м}$); n – любое число, меньшее единицы; f – параметр Кориолиса; $\Theta = 7,2685 \cdot 10^{-5} \text{ с}^{-1}$ – угловая скорость вращения Земли; w – широта местности (рад).

Оставшиеся до сих пор неопределёнными параметры u^* – скорость трения ($\text{м} \cdot \text{с}^{-1}$) и L – масштаб длины Монина-Обухова (м) можно вычислить следующим образом. Исходя из теории подобия Монина-Обухова, нетрудно показать (см. [7]), что $u^* = \kappa \cdot B \Delta \cdot \Delta u / d$, где $B \Delta = h_m \cdot \beta \cdot \Delta T / (\Delta u)^2$, β – параметр плавучести ($\beta = g/T$; g – ускорение силы тяжести; T – средняя температура в слое; для модельных расчётов использовалось значение $T = 13 \text{ }^\circ\text{C}$), а d , равное z_2/L , является решением уравнения $d = B \Delta \cdot [J(d) - J(n \cdot d)]$. Решение этого уравнения находится численным методом. Получив значение d , можно найти $L (L = z_2/L)$. Таким образом, все требуемые для этой параметризации величины можно получить, измерив и усреднив по времени значения скорости ветра и температуры воздуха на двух высотах.

Но существует множество параметризаций приземного слоя. Эти параметризации отличаются формулировками исходных предположений о его структуре и подходами к вычислению вертикальных профилей метеорологических величин. Для примера приведем еще параметризацию, предложенную в [13] (буквенные обозначения совпадают с приведёнными выше, вычисление всех параметров, включая u^* и L , производится аналогичным образом).

$$G(x) = 1 + 6 \cdot x \text{ при } x > 0, G(x) = (1 - 16 \cdot x)^{-1/4} \text{ при } x < 0;$$

$$J(x) = 1/L \cdot (6 \cdot x + \ln(x)) \text{ при } x > 0,$$

$$J(x) = \ln[(1 - 16 \cdot x)^{1/4} - 1] + \ln[(1 - 16 \cdot x)^{1/4} + 1] + 2 \cdot \arctan[(1 - 16 \cdot x)^{1/4}] \text{ при } x < 0;$$

$$k_z = \kappa \cdot u^* \cdot z/G(z/L) \text{ при } z < h, k_z = \kappa \cdot u^* \cdot z/G(h/L) \text{ при } z > h; \quad u = (u^*/\kappa) \cdot [J(z/L) - J(z_0/L)];$$

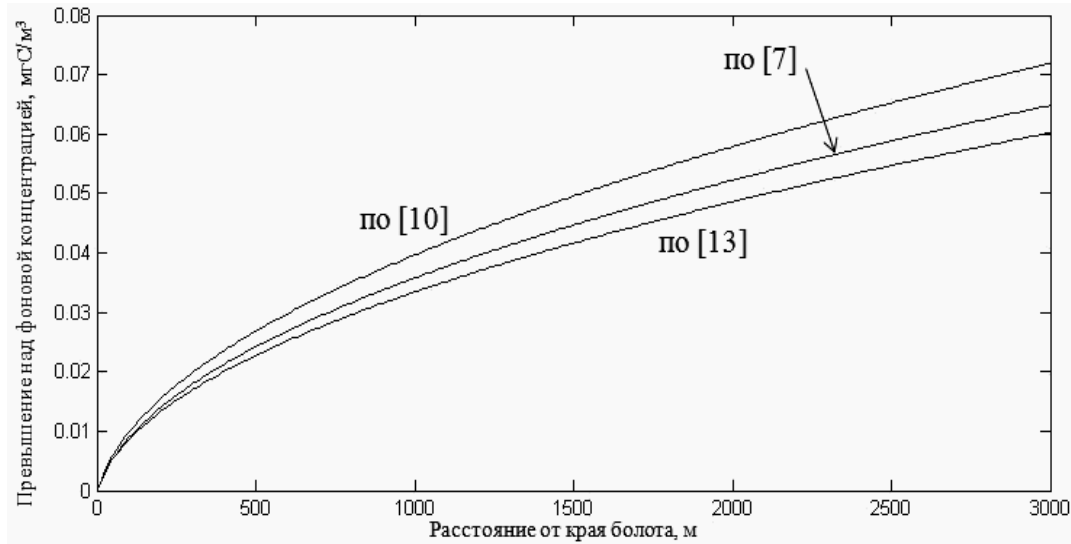


Рис. 3. Значения превышения над фоновой концентрацией CH_4 при использовании трех разных параметризаций приземного слоя при движении вглубь болота на высоте 2 м

На рис. 3 приведены рассчитанные значения C (при $q = 1 \text{ мгС} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{ч}^{-1}$) при движении вглубь болота для трёх описанных параметризаций. Значения превышений, полученные при реализации параметризаций из [7, 10], превосходят значения, полученные при параметризации по [13], соответственно, на 7 % и 18,7 % (для расстояния 1000 метров от края болота). Оценим разброс потока с поверхности, который будет давать метод обратной задачи при использовании различных параметризаций при одном и том же равновесном профиле превышений над фоновыми концентрациями CH_4 . Возьмём такой профиль превышений, чтобы при использовании параметризации по [10] получившийся поток метана составлял $q = 1 \text{ мгС} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{ч}^{-1}$. Проведённые расчёты показывают, что при использовании параметризаций по [7] и [13] поток для формирования того же профиля концентраций должен составить 1,1 и 1,2 $\text{мгС} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{ч}^{-1}$ соответственно. Таким образом, если не иметь никакой информации о достоверности параметризаций, то относительная точность определения плотности потока CH_4 методом обратной задачи в нашем примере составила $\pm 10 \%$, что можно признать вполне удовлетворительным. Однако в других метеорологических условиях она может быть иной, поэтому вопрос о точности при каждом измерении необходимо исследовать специально.

Литература

1. Смагин А. В. Газовая фаза почв. – М.: Изд-во МГУ, 2005. – 301 с.
2. Шестаков А. А. Обобщенный прямой метод Ляпунова для систем с распределенными параметрами. – М.: Наука, 1990. – 320 с.
3. Сеттон О. Г. Микрометеорология. – Л.: Гидрометеиздат, 1958. – 428 с.
4. Inoue G., Makshyutov S. Application of Conditional Sampling Eddy Flux Measurement in West Siberia Lowland // Proceedings of the Second Symposium on the Joint Siberian Permafrost Studies between Japan and Russia in 1993. – Tsukuba: Isebu, 1994. – P. 83–85.
5. Глаголев М. В. Методы измерения эмиссии метана почвами // Биологические ресурсы и природопользование: Сб. науч. тр., Вып. 10. – Сургут: Дефис, 2007. – С. 267–295.

6. Глаголев М. В., Суворов Г. Г. Эмиссия метана болотными почвами средней тайги Западной Сибири (на примере Ханты-Мансийского автономного округа) // Доклады по экологическому почвоведению. – 2007. – Вып.6. – № 2. – С. 90–162. URL: http://jess.msu.ru/index.php?option=com_scibibliography&func=view&id=55&Itemid=121&catid=65.
7. Зилинтинкевич С. С. Динамика пограничного слоя атмосферы. – Л.: Гидрометеиздат, 1970. – 292 с.
8. Inoue G., Makshyutov S., Yazawa K., Tamaru T., Inokuchi H., Shirai M., Nakamura M., Terui Y. Eddy-Correlation Technique Applied to CO₂ and Water Vapor Flux Measurements over Hokkaido in July 1996 // Proceedings of the Fifth Symposium on the Joint Siberian Permafrost Studies between Japan and Russia in 1996. – Tsukuba: Isebu, 1997. – P. 15–19.
9. Yazawa K., Tamaru T., Inokuchi H., Shirai M., Nakamura M., Terui Y., Inagaki T., Inoue G., Machida G., Makshyutov S. Research on Upgrading the Measuring Method of the Global Warming Gases by Aircraft // Proceedings of the Fifth Symposium on the Joint Siberian Permafrost Studies between Japan and Russia in 1996. – Tsukuba: Isebu, 1997. – P. 20–27.
10. Берлянд М. Е. Прогноз и регулирование загрязнения атмосферы. – Л.: Гидрометеиздат, 1985. – 272 с.
11. Бородулин А. И., Десятков Б. Д., Махов Г. А., Сарманаев С. Р. Определение эмиссии болотного метана по измеренным значениям его концентрации в приземном слое атмосферы // Метеорология и гидрология. – 1997. – № 1. – С. 66–74.
12. Nieuwstadt, F. T.M. The turbulent structure of the stable, nocturnal boundary layer // J. Atmos. Sci. – 1984. – № 41. – P. 2202–2216.
13. Атмосфера / Под ред. Ю. С. Седунова. – Л.: Гидрометеиздат, 1991. – 690 с.

ABOUT A FEATURES OF INVESTIGATION OF THE GAS EXCHANGE AT ECOSYSTEM/ATMOSPHERE BOUNDARY BY INVERSE MODELLING METHOD

M. V. Glagolev, A. F. Sabrekov

Some basic foundations and features of realization of inverse modelling method are considered. This method is a promising distributed method of estimation of the gas exchange at ecosystem/atmosphere boundary, allowed to avoid disadvantages of either chamber technique or micrometeorological technique.

ВЛИЯНИЕ АЭРАЦИИ И ТЕМПЕРАТУРЫ НА СТРУКТУРУ И ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ МИКРОБНЫХ КОМПЛЕКСОВ ВЕРХОВОГО ТОРФЯНИКА (МОДЕЛЬНЫЕ ОПЫТЫ)

А. В. Головченко*, Т. Г. Добровольская*, О. С. Кухаренко*,
Т. А. Семёнова**, О. Ю. Богданова*, Д. Г. Звягинцев*

*Московский государственный университет, г. Москва, dobrtata@mail.ru

**Институт проблем эволюции и экологии РАН, г. Москва, tashino@mail.ru

В годичном модельном опыте осуществляли мониторинг за численностью и таксономической структурой микробных комплексов монолитов верхового торфяника, хранящихся при комнатной температуре и в холодильнике (4–6 °С), а также в перемешиваемых слоях торфа. Установлено, что усиление аэрации активизировало деятельность почвенных грибов, что привело к увеличению эмиссии CO₂ и степени разложения торфа. В отличие от мицелиальных микроорганизмов, усиление аэрации не оказало стимулирующего влияния на численность бактерий. Большинство грибов и бактерий хорошо росли при низких температурах, при этом увеличивалась как доля базидиомицетов, так и бацилл, являющихся активными деструкторами растительных остатков.

Низкая скорость деструкции растительных остатков в верховых торфяниках, приводящая к накоплению торфа, заставляет задуматься о том, какие факторы лимитируют функционирование микроорганизмов в этом земноводном биотопе. Из факторов, ингибирующих микробную активность в верховых торфяниках, упоминаются: анаэробизм, повышенная кислотность, низкая температура, недостаток элементов минерального питания, токсичность фенольных соединений и др. [1, 2, 3, 4, 5]. Несмотря на множество исследований, проведенных болотоведами, микробиологами, почвоведом, проблема замедленной деструкции торфа в олиготрофных торфяниках до сих пор остается во многом нерешенной.

В настоящей работе мы оценивали влияние усиления аэрации (путем перемешивания торфа) и понижения температуры (с 20–24 °С до 4–6 °С) на разнообразие и функционирование микробных сообществ в различных слоях верхового торфяника в модельном эксперименте.

Объект исследования – верховой торфяник под сосняком андромедово-пушицево-сфагновым, расположенный на территории Западнодвинского лесоболотного стационара Института лесоведения РАН. Мощность торфяника около 5 м. В сентябре 2007 года из торфяника были взяты два монолита мощностью 30 см. Они были помещены в вегетационные сосуды, которые хранились при комнатной температуре (20–24 °С) в защищенном от света месте, и в холодильнике при температуре 4–6 °С. Кроме того, каждый из трех горизонтов торфяника (Т0: 6–10 см, Т1: 10–14 см, Т2: 14–30 см) помещался в отдельный сосуд, где поддерживалась постоянная исходная влажность и производилось перемешивание почвы. Все анализируемые слои торфяника представлены сфагновым верховым торфом. Степень разложения торфа в процессе мониторинга определяли по ботаническому составу (ГОСТ 28245-89). В начале опыта для Т0 и Т2 она была 5–7 %, для Т1 – 10–12 %. Содержание углерода и азота определяли на приборе Vario EL III (Elementar, Germany) в токе кислорода при 1150 °С.

В течение года (анализировались 0, 7, 14, 30, 60, 90, 120, 150, 180, 270 и 365-е сутки) отбирались пробы для проведения микробиологического анализа. Определение численности бактерий, длины грибного и актиномицетного мицелия проводились люминесцентно-микроскопическим методом [6]. Для количественного учета клеток бактерий и мицелия актиномицетов препараты окрашивали водным раствором акридина оранжевого, а для окраски мицелия и спор грибов применяли калькофлуор белый. Таксономический состав бактерий и актиномицетов определяли методом посева на глюкозо-пептонно-

дрожжевую и среду Гаузе с последующим определением культур-доминантов на основании фенотипических признаков по определителям Берджи и Гаузе. Таксономический состав микромицетов изучали методом посева на подкисленную агаризованную среду Чапека. Видовую идентификацию проводили по общепринятым определителям и интернет-ресурсам (indexfungorum.org и др.). Эмиссию CO_2 определяли на газовом хроматографе с калибровкой по газовой смеси с известной концентрацией CO_2 .

Результаты исследований

Влияние аэрации на структуру микробных сообществ, осуществляющих процесс деградации торфа

Показателем интенсивности деструкции торфа является степень его разложения, которая при усилении аэрации в результате постоянного перемешивания слоёв, спустя год после начала эксперимента увеличилась в 4 раза в слое Т1 (от 10 до 40 %), в 3 раза – в слое Т2 (от 5 до 17 %) и осталась на том же уровне, что и в начале опыта (5 %) в очесе сфагнового мха (Т0). В слоях монолита степень разложения торфа к концу опыта не претерпела существенных изменений.

В результате определения водно-физических свойств слоёв торфяника Т1 и Т2 было установлено, что постоянное их перемешивание привело к значительному улучшению водно-воздушного режима, что проявилось в уменьшении объема пор, занятых водой и в увеличении объема пор, занятых воздухом. Так, в слое Т1 монолита объем пор, занятых водой, составил 30 %, а в слое Т2 – 45 %, при перемешивании этих слоёв он уменьшился до 9 %. В то же время объем пор, занятых воздухом, увеличивался при нарушении структуры торфяника от 48 до 77 % в горизонте Т1, и от 29 до 79 % – в горизонте Т2.

Улучшение водно-воздушного режима сопровождалось ростом интенсивности дыхания микробного сообщества. Так, уже через месяц после начала эксперимента, эмиссия CO_2 в перемешиваемых образцах Т0 и Т1 превысила в 1,5–2 раза величину потока диоксида углерода из монолитных образцов торфа. Выявленная тенденция сохранялась до конца опыта. В слое Т2 на протяжении первых трёх месяцев перемешиваемые образцы и образцы монолита достоверно не различались, однако к концу эксперимента различия между вариантами по эмиссии CO_2 были такими же как и в верхних слоях торфяника.

В перемешиваемых образцах, в отличие от образцов монолита, наблюдали снижение показателя C/N в составе органического вещества с 58 до 36. Вероятно, это связано с ростом микроорганизмов и накоплением азота микробной биомассы в окислительных условиях.

Теперь проанализируем – какие группы микроорганизмов осуществляли деструкцию торфа в условиях повышенной аэрации.

Длина грибного мицелия, выявленная в процессе мониторинга, в перемешиваемых образцах варьировала от 4 до 36 км/г, в образцах монолита – от 0,3 до 13 км/г. Перемешивание способствовало увеличению длины грибного мицелия. Практически на всех этапах опыта его длина в образцах с нарушенной структурой была в среднем в 6, а максимально в 10 раз выше, чем в образцах монолита. Для грибных спор (в отличие от мицелия) была выявлена обратная тенденция – уменьшение их численности при перемешивании. Однако следует отметить, что различия между образцами с нарушенной структурой и монолитом были небольшими (не более чем в 2 раза).

В микробной биомассе во всех вариантах опыта и на всех стадиях сукцессии доминировала грибная составляющая микробной биомассы (60–99 %), которая и определяла её динамику на протяжении всего опыта. Её запасы варьировали в ходе годовой сукцессии в образцах монолита – от 2 до 48 мг/г, в образцах с нарушенной структурой – от 3 до 124 мг/г. При перемешивании торфа грибная биомасса возрастала. Она была в среднем – в 4 раза, а максимально – в 7 раз выше в аэрируемых образцах, чем в образцах монолита.

В морфологической структуре грибного комплекса исследуемых образцов доминировал мицелий (60–99 %), и только в слое Т2 на последних стадиях сукцессии преобладали споры (60–74 %). Перемешивание слоев торфа способствовало увеличению доли мицелия и сведению к минимуму доли спор в грибном комплексе.

В исследуемых вариантах опыта нам удалось проследить динамику относительного обилия базидиомицетовых грибов – энергичных деструкторов лигнино-целлюлозного комплекса. Их доля в грибном комплексе в нулевой точке опыта составила 10–25 %, на всех последующих этапах она возрастала до 40–100 %. В результате перемешивания слоёв торфа происходило увеличение относительного обилия этой группы грибов, так на некоторых этапах сукцессии её доля в образцах с нарушенной структурой была в среднем на 20–25 %, а максимально – на 45 % выше, чем в образцах монолита. Среди базидиомицетовых грибов важная роль в деструкции сфагновых клеток отводится паразитическому грибу *Lyophyllum palustre*, который проникает в живую клетку мха и растворяет её клеточную стенку [7].

Перемешивание слоёв исследуемого торфяника приводило к снижению видового разнообразия микромицетного комплекса за счет исчезновения редких и случайных видов и повышения частоты встречаемости и относительного обилия доминирующих и часто встречающихся видов микромицетов. Доминирующими были представители родов *Penicillium*, *Oidiodendron*, *Trichosporiella*. В группу часто встречаемых входили представители родов *Trichoderma*, *Zygodessmus*, *Verticillium*, а также некоторые виды родов *Penicillium* (*P.spinulosum*) и *Oidiodendron* (*O.tenuissimum* (Peck) Hughes). Виды родов *Trichoderma*, активных деструкторов лигнино-целлюлозного комплекса, отмечались в слоях монолита единично, тогда как в образцах с нарушенной структурой они входили в комплекс доминантов.

Перемешивание не оказало стимулирующего эффекта на показатели обилия прокариотных микроорганизмов. В хорошо аэрируемых образцах численность бактерий на одних этапах сукцессии была сравнима с таковой в образцах монолита, на других – была даже в 2–3 раза меньше. Не было выявлено четких закономерностей по влиянию перемешивания на плотность актиномицетного мицелия.

Нарушение структуры торфяника, осуществляемое путем постоянного перемешивания его слоёв, внесло коррективы в соотношение групп внутри сапротрофного бактериального комплекса в сторону увеличения доли бактерий-гидролитиков. Так, для верхнего слоя монолита (Т0) на всех этапах сукцессии было характерно доминирование протеобактерий, представленных большей частью родами *Aquaspirillum* и *Comamonas*. Перемешивание этого слоя стимулировало развитие актинобактерий, которые стали монодоминантами через год после начала опыта. В слоях монолита Т1 и Т2 на всех этапах сукцессии доминировали протеобактерии и бациллы, составляя примерно равные доли. Перемешивание этих слоёв привело к монодоминированию на разных этапах сукцессии бацилл и актиномицетов. Численность бацилл в разных слоях торфяника составила в среднем 2–12 млн. КОЕ/г. Предварительный прогрев торфяной суспензии перед посевом при температуре 80 °С в течение 10 минут позволил прийти к заключению, что большая часть бацилл в исследуемом торфянике находится в виде вегетативных клеток, т.е. в активном состоянии. В перемешиваемых образцах их доля увеличивалась до 80–90 %. В результате посева образцов из слоёв Т1 и Т2 на среды с крахмалом, пектином, карбоксиметилцеллюлозой (КМЦ) и хитином было показано, что бациллы разных видов на всех перечисленных средах способны осуществлять гидролитические функции. Гидролиз пектина и крахмала осуществляли в основном бациллы группы *Bac. firmus-lentus* и *Bac.cereus*, деструкцию целлюлозы – представители вида *Paenibacillus polymyxa*. Бактерии гидролитического комплекса были представлены в исследуемом торфянике не только бациллами, но и актинобакте-

риями, среди которых доминировали мицелиальные прокариоты – стрептомицеты (род *Streptomyces*). Существенные изменения в численности и составе стрептомицетов произошли в очёсе сфагнового мха, который подвергался периодическому перемешиванию. Через год после закладки опыта их численность увеличилась на порядок (от 1 до 10 млн. КОЕ г⁻¹). Доминировавшие в процессе мониторинга представители видов секций *Albus* и *Cinereus*, сменились видами секций *Helvolo-Flavusn-Helvolus*, являющихся представителями наиболее распространенных в почве мицелиальных бактерий-гидролитиков.

Влияние температуры на численность и функционирование микробных сообществ, осуществляющих процесс деструкции торфа

Длина грибного мицелия в верхних слоях монолита (Т0 и Т1) варьировала от 3 до 21 км/г в зависимости от температурного режима и стадии сукцессии. В Т0 значения этого показателя были выше (почти в 2 раза) при низкой температуре, чем при температуре 20–24 °С практически на всех этапах сукцессии. В слое Т1 была выявлена обратная тенденция – длина мицелия была в 1,5 раза выше при комнатной температуре, чем при температуре холодильника. В слое Т2 длина мицелия была на порядок ниже, чем в слоях Т0 и Т1. В этом слое на одних этапах сукцессии плотность мицелия была выше при комнатной температуре, на других – при температуре 4–6 °С. Численность грибных спор варьировала, в зависимости от варианта опыта и стадии сукцессии, от 50 до 200 млн. спор/г. Количество грибных спор было примерно одинаковым при разных температурных режимах.

В процессе годового мониторинга в монолитах, хранящихся при разных температурах, менялось соотношение групп грибов. Так, при низкой температуре во всех слоях возросло относительное обилие темноокрашенного мицелия, а в очёсе сфагнового мха и в слое Т2 увеличивалась не только доля, но и средние значения его длины. Они были выше в 3 раза в Т0 и в 1,5–2 раза – в Т2 при низкой температуре, чем при температуре 20–24 °С.

Кроме того, нами было показано, что базидиомицетовые грибы, являющиеся энергичными деструкторами лигнино-целлюлозного комплекса, способны существовать при низкой температуре длительное время, при этом увеличивались не только относительные, но и абсолютные показатели их обилия. Особенно чётко эта тенденция была выявлена в слоях Т0 и Т1. В очёсе средние значения длины пряжкового мицелия были в 2 раза выше при температуре 4–6 °С и составили 10,2 км/г. Доля этой группы грибов через месяц после начала опыта увеличилась в слое Т0 с 10 до 80, а в слое Т1 – от 20 до 80–100 %.

Биомасса почвенных грибов была максимальной в слое Т0 и варьировала в зависимости от температурного режима и этапа сукцессии от 10 до 70 мг/г. В этом слое на всех этапах сукцессии она была выше при низкой температуре. Увеличение пула грибов в Т0 происходило быстрее при низкой температуре – уже через месяц фиксировали пятикратное превышение биомассы, тогда как при комнатной температуре наблюдали существенный прирост биомассы (в 3 раза) только к концу второго месяца. В слоях Т1 и Т2 чёткой корреляции между грибной биомассой и температурой не выявлено – на одних этапах она была выше при комнатной температуре, на других – при температуре холодильника. Температурный режим не влиял на морфологическую структуру грибного комплекса. В обоих вариантах опыта в ней доминировал его активный компонент – мицелий. Его доля составляла 88–99 %. Иную морфологическую структуру грибного комплекса наблюдали только в слое Т2 – на последних стадиях годовой сукцессии – в обоих вариантах опыта в ней преобладали споры.

При смене температурного режима с 20–24 °С на 4–6 °С не происходило существенной корректировки видового разнообразия микромицетов, варьировала лишь доля и частота встречаемости отдельных видов. Так, одни виды чаще выделялись при пониженной температуре (*Oidiodendron griseum*, *Trichosporiella cerebriiformis*, некоторые виды рода *Penicillium* и стерильный мицелий), частота встречаемости других видов была выше

при комнатной температуре (*Aspergillus versicolor* (Vuill.) Tiraboschi, *Verticillium* sp., *Mucor circinelloides* Tiegh.). Большинство выделенных микромицетов относятся к группе медленнорастущих целлюлозолитиков. Быстрорастущие микромицеты-сахаролитики (в первую очередь, мукоровые грибы), основу питания которых составляет легкодоступная органика, встречались единично.

Низкие температуры повлияли на показатели обилия бактерий, полученные прямым методом. При снижении температуры численность и биомасса бактерий уменьшалась в 2–4 раза практически на всех этапах сукцессии. Не удалось выявить чёткой корреляции между температурным режимом и актиномицетным мицелием из-за мозаичности его распределения по профилю. Однако, на некоторых этапах сукцессии в слоях Т0 и Т1 его длина была в 2–6 раз выше при комнатной температуре, чем при температуре холодильника.

Разные слои торфяника четко отличались по таксономической структуре исследуемого бактериального комплекса, и её динамике в процессе годового мониторинга. В верхнем слое Т0 на всех этапах сукцессии доминировали протеобактерии. Вторым доминантом в бактериальном комплексе исходно были актинобактерии. При снижении температуры их доля резко уменьшалась, и они переходили в разряд минорных компонентов. В слоях Т1 и Т2 таксономическая структура бактериального блока была иная, чем в Т0. На всех этапах сукцессии при комнатной температуре доминировали протеобактерии и бациллы, составляя примерно равные доли. Актинобактерии были минорными компонентами, либо вообще не выделялись. Низкая температура привела к доминированию в этих слоях спорообразующих бактерий почти на всех этапах сукцессии.

Заключение

Проведенные нами модельные опыты показали, что для грибов, доминирующих в микробной биомассе верховых торфяников, основным фактором, ограничивающим их функционирование, является недостаток кислорода. Перемешивание слоёв верхового торфяника приводит к улучшению водно-воздушного режима и устраняет для грибов с одной стороны анаэробную ловушку, с другой стороны – разобщенность субстрата, ферментов и микробных клеток, тем самым создавая благоприятные условия для их развития. В хорошо аэрируемых образцах увеличивались показатели обилия грибов и возрастала доля базидиомицетов – энергичных деструкторов лигнино-целлюлозного комплекса.

Что касается бактерий, то аэрация не является, по-видимому, тем значимым фактором, который может тормозить их размножение и функционирование. Об этом свидетельствуют не только данные по их сходной численности в монолите и перемешиваемых образцах, но и выявляемое в торфяниках большое разнообразие аэробных бактерий. Благодаря малым размерам, они способны размножаться в микролокусах, различающихся по доступности кислорода. Следует отметить, что при перемешивании возрастала доля бактерий гидролитического комплекса. Однако их спектр в верховых торфяниках менее представлен, чем в низинных торфяниках. В нем практически отсутствуют целлюлозоразрушающие миксобактерии и цитофаги. Возможно, что одним из факторов, ограничивающих развитие этих бактерий в верховых болотах, является токсичность «сфагнолов».

Анализ воздействия температуры, при которой выдерживались монолиты торфяника, позволил сделать заключение об адаптации грибов и бактерий гидролитического комплекса, обитающих в торфяниках, к низким температурам, которые характерны для этих местообитаний.

Литература

1. Бамбалов Н.Н. Анализ биологических факторов разложения органического вещества в болотной среде // Сборник материалов 5 научной школы (11–14 сентября 2006). – Томск: ЦНТИ, 2006. – С. 18–27.

2. Заварзин Г. А. Лекции по природоведческой микробиологии. – М.: Наука, 2003. – С. 234–243.
3. Aerts R., Verhoeven J. T. A., Whigham D.F. Plant-mediated controls on nutrient cycling in temperate fens and bogs // *Ecology*. – 1999. – V. 80. – № 7. – P. 2170–2181.
4. Freeman C., Ostle N.J., Fenner N., Kang H. A regulatory role for phenol oxidase during decomposition in peatlands // *Soil Biol.Biochem.* – 2004. – V. 36. – P. 1663–1667.
5. Moore O. The ecology of peat-forming processes: a review // *Int. J. of Coal Geology*. – 1989. – V. 12. – P. 89–103.
6. Методы почвенной микробиологии и биохимии / под ред. Д.Г. Звягинцева. – М., 1991. – 303 с.
7. Untiedt E., Mueller K. Colonization of *Sphagnum* cells by *Lyophyllum palustre* // *Can. J. Bot.* 63. 1985. – P. 757–761.

INFLUENCE OF AERATION AND TEMPERATURE ON THE STRUCTURE AND FUNCTIONING OF MICROBIAL COMPLEXES IN THE BOG (MODEL EXPERIMENT)

A. V. Golovchenko, T. G. Dobrovol'skaya, O. S. Kukhareenko, T. A. Semenova,
O. Ju. Bogdanova, D. G. Zvyagintsev

A year long model experiment was established to observe changes in number and structure of microbial complexes in high-moor peat's monoliths, which were stored under room temperature (20–24 °C) and in the fridge (4–6 °C), and in mixed peat layers. It was ascertained, that increase in aeration activated the functioning of soil fungi, which led to the intensification of CO₂ emission and peat decomposition. The increase in aeration did not stimulate the increase in number of bacteria unlike mycelial microorganisms. The most of fungi and bacteria grew well under low temperature, herewith the share of basidiomycetes as well as bacilli, which were active destructors of plant remnants, rose.

ОЦЕНКА СОСТАВА МЕТАНОГЕННЫХ АРХЕЙ В ТОРФЯНЫХ ПОЧВАХ С ПОМОЩЬЮ ПЦР-ДГГЭ ТЕХНОЛОГИИ¹

А. К. Кизилова*, М. В. Чистотин**, И. К. Кравченко*

* Учреждение Российской академии наук Институт микробиологии им. С. Н. Виноградского РАН, Москва
alegrria@gmail.com

** Учреждение Российской академии наук Институт лесоведения РАН,
Успенское, Одинцовский район, Московская обл.

С помощью ПЦР-ДГГЭ методов, основанных на анализе 16S рРНК, проведено исследование разнообразия архей в торфяных почвах осушенных торфяников и естественных болот Дубненского болотного массива (Талдомский район, Московская обл.). Установлено, что в составе метаногенных сообществ преобладают организмы, наиболее близкие к представителям порядка Methanosarcinales. Наряду с метаногенами в торфяных почвах обнаружено значительное количество некультивируемых представителей Crenarchaeota.

Введение

Торфяные почвы, широко распространённые в России, являются одним из основных естественных источников поступления метана в атмосферу нашей планеты. Вклад метана в парниковый эффект составляет 30 % от вклада диоксида углерода, при этом метан примерно в 20 раз более активен [1]. В болотах законсервировано большое количество органического вещества, которое при вмешательстве человека и осушении болот для их последующего сельскохозяйственного использования, разлагается с выделением диоксида углерода и метана [2]. Наиболее заметные антропогенные изменения потоков метана из торфяных почв связаны с осушением и освоением болот для добычи торфа и сельскохозяйственного использования. В России насчитывается более 5 млн. га мелиорированных для сельского хозяйства избыточно увлажненных земель, большей частью представленных торфяными почвами [3], однако сведения о закономерностях газообмена метана в этих почвах крайне ограничены, а данные о составе и разнообразии микроорганизмов, ответственных за образование и поступление метана в атмосферу отсутствуют. Цель настоящего исследования состояла в изучении метаногенных сообществ естественных, осушенных и искусственно залуженных торфяников с помощью методов молекулярной экологии.

Материалы и методы

Исследования проводили с образцами торфяных почв осушенной части Дубненского болотного массива в Талдомском районе Московской области (56°42' с.ш., 37°50' в.д.), который был частично осушен в 1979 году для добычи торфа и сельскохозяйственного использования. В настоящее время добыча торфа ведется лишь на нескольких участках, большинство торфоразработок были залужены и сейчас частично используются для сенокосения и выращивания овощных культур. Почва была отобрана в октябре 2009 г. с тех участков, на которых проводятся регулярные полевые измерения эмиссии углеродсодержащих парниковых газов [4] и в вегетационном опыте, моделирующем стадии создания сенокоса на осушенной торфяной почве (табл. 1).

Выделение ДНК. Выделение тотальной ДНК из торфяных почв проводилось с помощью готового набора реактивов PowerSoil DNA Kit, MO BIO, США, согласно рекомендациям производителя.

Полимеразная цепная реакция. Использовали систему праймеров 344F-915R [5], которая позволяет амплифицировать фрагмент гена 16S РНК архей длиной около 570 пар

¹ Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (№ 09-05-01113-а).

нуклеотидов. Смесь для проведения реакции состояла из буфера (2,5 mM MgCl₂) и полимеразы (1,25 U) производства компании Хеликон, праймеров (0,5 mM/ml каждого праймера), смеси дезоксинуклеозидтрифосфатов (0,2 mM/ml каждого NTP), бычьего сывороточного альбумина (0,2 mM/ml). Амплификация проводилась на термоциклере MyCycler (BioRad) со следующим температурным профилем: начальная денатурация 94 °C – 5 минут, затем 20 циклов, состоящих из денатурации 94 °C – 1 минута, отжига праймеров 71 °C с последующим понижением температуры на полградуса каждый цикл – 1 минута, и удлинения цепи 72 °C – 3 минуты. Заключительная стадия ПЦР состояла из 15 циклов денатурации 94 °C – 1 минута, отжига праймеров 61 °C – 1 минута, и элонгации фрагмента ДНК – 3 минуты. Финальная элонгация шла 5 минут при 72 °C.

Таблица 1

Объекты наблюдений

Участок	Точки наблюдений	
Добыча торфа	2 основная поверхность	повышение
	3 дно канала	
Сенокос	5 основная поверхность	
	6 дно канала	
Естественное болото	7 основная поверхность	повышение
Вегетационный опыт	0,0	нарушенное сложение
	2,0	естественное сложение

Денатурирующий градиентный гель-электрофорез и секвенирование. Разделение полученных ампликонов проводили с помощью системы для DGGE фирмы BioRad, США в 0.5 TAE буфере, нагретом до 60 °C, в течение 6 часов при 200V. Полиакриламидный гель (8 % акриламида) содержал градиент денатурантов (формамид и мочевины) от 40 до 60 %. Окрашивание проводили бромистым этидием, после чего гель отмывали дистиллированной водой и фотографировали в УФ (GelDoc, BioRad, США). Характерные полосы вырезали стерильным скальпелем и элюировали ДНК в стерильной деионизованной воде в течение 24 часов. Элюат использовали как матрицу для постановки реамплификации. Полученный ПЦР-продукт очищали с помощью фермента и секвенировали в сервисной лаборатории с помощью набора реактивов Big Dye Terminator v.3 sequencing kit (Applied Biosystems Inc., United States). Полученные последовательности были проанализированы с помощью программного пакета BLAST (Basic Local Alignment Search Tool, <http://blast.ncbi.nlm.nih.gov/Blast.cgi>).

Результаты и обсуждение

Проведенные исследования *in situ* установили, что осушенные и используемые под сенокос торфяные почвы выделяют значительное количество метана в атмосферу (рис. 1)

Применение вышеописанной системы праймеров позволило выявить архей во всех почвах, кроме неосушенного болота (образец 7). Отсутствие сигнала, возможно, объясняется повышением в месте отбора образца, где, по всей вероятности, не соблюдались условия, необходимые для развития данных организмов. Для остальных 6 образцов были успешно получены и разогнаны на полиакриламидном геле ПЦР-продукты (рис. 2). Для дальнейшего анализа была вырезана и реамплифицирована 21 полоса. Обнаруженные археи не ограничивались метаногенами – во многих образцах были детектированы представители *Crenarchaeota* (табл. 2).

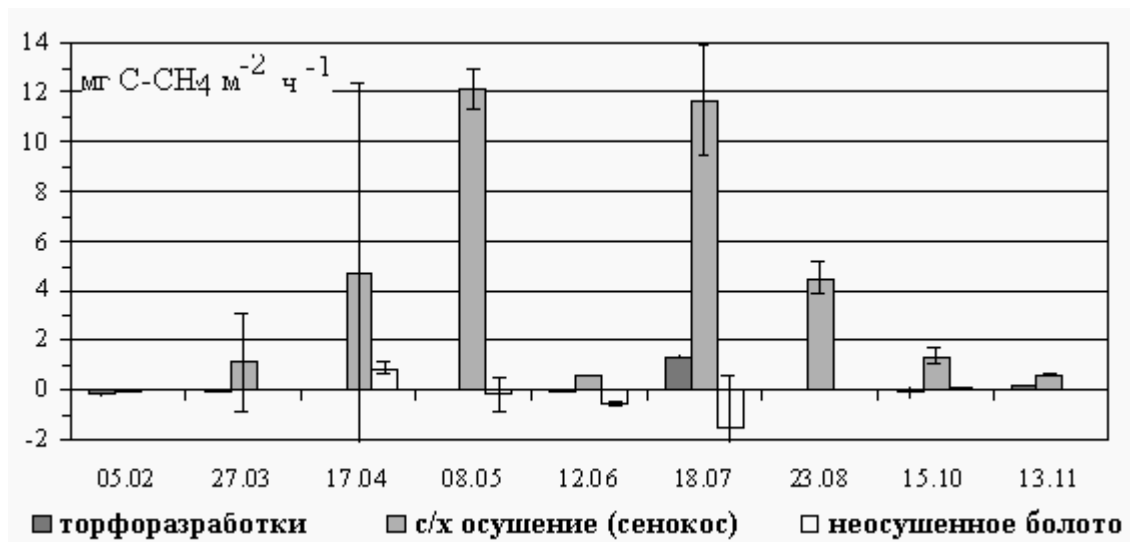


Рис. 1. Сезонная динамика потока метана.
Линии погрешностей соответствуют стандартным ошибкам (цит. по [4])

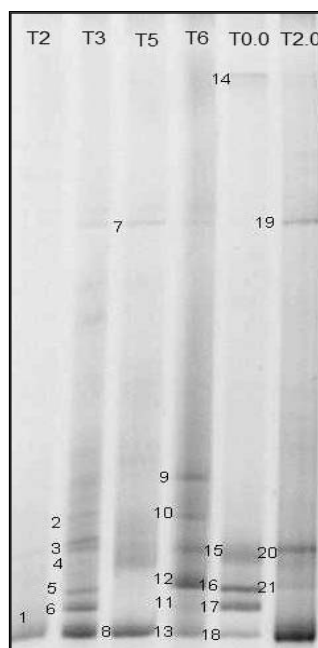


Рис. 2. ДГТЭ-фingerprinting фрагментов 16S РНК архей в торфяных почвах

В образцах торфозаготовок были, в основном, выявлены некультивируемые представители кренархей и несколько эвриархей, которые пока не были идентифицированы. Что касается торфяников, подвергавшихся сельскохозяйственной обработке, архей в них оказалось довольно много, и все они проявили высокое сходство (95–96 %) с метаногенами рода *Methanosarcina* и других представителей порядка *Methanosarcinales*. В почвах вегетационного опыта было отмечено присутствие и кренархей – 97–98 % сходства с депонированными в GenBank последовательностями некультивируемых организмов, и эвриархей, демонстрирующих близкое родство как с *Methanosarcina* sp. (96 %), так и с некультивируемыми метаногенными организмами (97–98 %). Полученные данные о составе метаногенных сообществ хорошо согласуются с данными по потокам метана (рис. 1). В течение всего периода наблюдений торфозаготовки демонстрируют почти полное отсутствие эмиссии и молекулярный анализ не обнаружил в них представителей метаногенных архей. Залуженные почвы, на которые велась заготовка сена, напротив, выделяют

большее количество метана по сравнению с остальными образцами, что подтверждается наличием в них метаногенных архей рода *Methanosarcina* и порядка *Methanosarcinales*. Неосушенное болото, в котором археи не были обнаружены, также характеризуется почти нулевой эмиссией метана. В вегетационном опыте археи представлены некультивируемыми формами кренархей и эвриархей, часть из которых показало высокое сходство с *Methanosarcina sp.* (96 %). Интересно отметить присутствие в образцах представителей *Methanobacteriales*, которые не были выявлены в образцах почв торфяников.

Таблица 2

Разнообразие архей в торфяных почвах Талдомского района

Образец	Номер полосы	Ближайший организм, фрагмент 16S RNA	Покрывание/сходство
T2	1	Uncultured crenarchaeote clone Pav-sed-511 (GU135491) Uncultured Thermoproteales archaeon (AM501891)	100 / 99 99 / 92
T3	2	Uncultured euryarchaeote (AB119617)	99 / 86
	3	Uncultured archaeon (AM712497) Uncultured euryarchaeote clone Sai_E1_37 (GU257007)	100 / 96 100 / 94
	4	Uncultured Thermoproteales archaeon (AM501889)	100 / 94
	5	Uncultured marine group I crenarchaeote clone HF770_041111 (DQ300544)	98 / 84
	6	Uncultured crenarchaeote (AM291985)	100 / 93
T5	7	Methanosarcina sp. (L48408)	99 / 92
	8	Uncultured Methanosarcinales archaeon (AB448783)	100 / 96
T6	9	Uncultured methanogenic archaeon clone PASL550.5m_1 (FJ982666) Uncultured Methanosarcinales archaeon (AB448783)	100 / 96 100 / 94
	10	Uncultured Methanosarcinales archaeon (AB448783)	98 / 88
	11	Uncultured Methanosarcinales archaeon (AB448783)	97 / 95
	12	Uncultured Methanomicrobia archaeon clone LPBBA93 (FJ902710)	100 / 91
	13	Uncultured archaeon clone ZA_P5_C01 (GQ328162)	93 / 89
T0.0	14	Uncultured crenarchaeote clone RotF-135iia (DQ278152)	100 / 97
	15	Uncultured Euryarchaeote (AJ867613)	100 / 98
	16	Uncultured crenarchaeote clone CSI.5_4.5_2 (GQ141963)	100 / 97
	17	Uncultured crenarchaeote clone RotF-135iia (DQ278152) Crenarchaeote (AJ006919)	100 / 98 100 / 97
	18	Methanosarcina sp. (L48408)	100 / 96
T2.0	19	Methanosarcina sp. HC-2 (AB288264)	100 / 96
	20	Uncultured crenarchaeote clone Beu4A-40 (AY625575)	95 / 92
	21	Uncultured euryarchaeote isolate SSCP band Bo64-10-16 (DQ004712) Uncultured Methanobacteriales archaeon CSIRO1.33 (AY351466)	97 / 80 78 / 80

Выводы

1. Изучение состава метаногенных сообществ различных торфяных почв методом ПЦР-ДГГЭ показало, что среди метанообразующих археобактерий представители рода *Methanosarcina* и порядка *Methanosarcinales*.
2. Система олигонуклеотидных праймеров, использованная в работе, охватывает всё разнообразие архей в изучаемых образцах, а не только метаногенов. Обнаружено присутствие в этих почвах большое количество некультивируемых кренархей.
3. Полученные результаты находятся в соответствии с данными по эмиссии метана из исследованных торфяных почв.

Литература

1. Бажин Н. М. Метан в атмосфере // Соросовский образовательный журнал. Химия. – 2000. – Т.6. – № 3. – С. 52–57.
2. Oleszczuk R., Regina K., Szajdak L., Huper H., Maryganova V. Impacts of agricultural utilization of peat soils on the greenhouse gas balance. In: Edited by Maria Strack. Peatlands and climate change. – 2008. – Jyväskylä: International Peat Society. – P. 70–97.
3. Торфяные болота России: к анализу отраслевой информации / Под ред. А. А. Сирина, Т. Ю. Минаевой. – М.: Геос, 2001. – 190 с.
4. Чистотин М. В., Сирин А. А., Дулов Л. Е. Сезонная динамика эмиссии углекислого газа и метана при осушении болота в Московской области для добычи торфа и сельскохозяйственного использования // Агрохимия. – 2006. – №6. – С. 54–62.
5. Casamayor E. O., Schafer H., Baneras L., Pedros-Alio C., Muyzer G. Identification of and spatio-temporal differences between microbial assemblages from two-neighboring sulfurous lakes: comparison by microscopy and denaturing gradient gel electrophoresis // Appl. Environ. Microbiol. – 2000. – № 66. – P. 499–508.

STUDYING METHANOGENIC COMMUNITIES OF PEAT SOILS BY MEANS OF PCR-DGGE TECHNIQUE

A. K. Kizilova, M. V. Chistotin, I. K. Krachenko

PCR-DGGE technologies, based upon 16S RNA, were used for assessing diversity of methanogenic archaea in peat soils of drained peat bogs and natural bogs of Dubna bog territory (Taldom district, Moscow region). Our research showed that most abundant archae were most closely related to Methanosarcinales. Moreover, along with methane-producing microorganisms, lots of non-methanogenic uncultured Crenarchaea were detected.

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ БОЛОТ ЗАПАДНОГО ПОЛЕСЬЯ В СБАЛАНСИРОВАННОМ РАЗВИТИИ

В. В. Конищук

Институт агроэкологии Национальной академии аграрных наук Украины, Киев
Общественная организация «Западное Полесье – заболоченный край», Волынская обл.
westpolissia-wetland@rambler.ru

Рассмотрены актуальные проблемы болот Западного Полесья (Украина, Белоруссия, Польша). Представлены результаты анализа торфяных отложений. Предложены меры оптимизации сбалансированного развития болот в формировании Пан-Европейской экосети.

Глобальные изменения климата, интенсификация антропогенного воздействия на биосферу с конца XX и в начале XXI века, в том числе деградация болотных экосистем, обусловили проблему научного обоснования сбалансированного развития окружающей природной среды. Конференция ООН с окружающей среды и развития (Рио-де-Жанейро, 1992), Всемирный саммит по сбалансированному развитию (Йоханнесбург, 2002) определили общую концепцию, однако пути реализации этих решений слабо эффективны.

Водно-болотные угодья – одни из наиболее уязвимых экосистем планеты, и в тоже время очень ценные биогеоценозы в структуре формирования, переноса и поддержания баланса органических, химических веществ, центры специфического разнообразия биоты и ландшафтов. Болота формируют, фильтруют поверхностный сток, снижают эрозию, депонируют парниковые газы. Особенного внимания заслуживает сбалансированное развитие международных, трансграничных регионов с экологически ценными болотами.

Западное Полесье – крайняя западная часть хвойно-широколистой лесной зоны, с одним из наиболее высоких процентов торфянистости (7 %) и заболоченности (10,2 %) [1]. Трилатеральный регион Западное Полесье расположен на территории Волынской, Ровенской областей Украины, Брестской области Белоруссии, Люблинского воеводства Польши, общая площадь составляет около 100 тыс. км². Физико-географически регион представляет собой карроподобную ложбину с приподнятыми краями западной части Полесской низменности верхнего течения реки Припять и часть бассейна реки Западный Буг на Главном Европейском водоразделе (Балтийское – Черное море). Наиболее широко представлены эвтрофные разнотравно-моховые болота речных долин, заболоченные леса, менее распространены мезотрофные осоково-сфагновые, редко встречаются олиготрофные (верховые) болота. Площадь болот составляет от 1 га до 10 тыс. га. Здесь проходят границы ареалов бореальных, центральноевропейских, лесостепных видов флоры и фауны, встречаются реликты, реже субэндемы. С конца XIX века (Западная экспедиция по осушению болот под руководством И. И. Жилинского, 1875–1902 гг.) для территории характерно существенное влияние антропогенных факторов и негативных последствий осушительной мелиорации.

Объекты и методы исследований

Объектами исследований были разнотипные болота Западного Полесья. В июле-сентябре 2009 г. были отобраны пробы торфа Волынской области: сплавина озера Рогозное (национальный природный парк (НПП) «Припять-Стоход»), болото Болитце (ботаническая памятка природы), болото Вутвицкое (заказник), болото Звунуч, сплавина озера Мошное (НПП «Шацкий»), Черемское болото (Черемский природный заповедник).

Для определения аспектов влияния важных экологических факторов на функционирование болот использованы аналитико-синтетический, диалектический методы. Разработка рекомендаций гомеостатического развития болот основана на системных

метаэкологических принципах. В ходе исследований применены классические методики отбора проб торфа буром Гиллера, анализа ботанического состава торфа [7], геоботанических описаний. Анализ состава торфа проведен методом световой микроскопии. Обобщены данные особенностей физико-географических условий, фондовых материалов, литературных источников. Латинские названия видов флоры приведены в соответствии с определителем высших растений Украины [4].

Обсуждение результатов

Фитоавтотрофный блок гелогенных экосистем – основа их формирования и функционирования, а фитострома – приоритетна в изучении экологии болот. На основании исследований болотной растительности Западного Полесья выделены типичные классы (флористическая классификация Браун-Бланке): *Lemnetea minoris*, *Charetea*, *Potametea*, *Isoëto-littorelletea*, *Utricularietea intermedio-minoris*, *Phragmitetea*, *Scheuchzerio-Caricetea*, *Oxycocco-Sphagnetetea*, *Alnetea glutinosae*, *Vaccinio-Piceetea*. В Зеленую книгу Украины [3] включены редкие фитоценозы: *Betuleta humilis*, *Cladieta marisci*, *Cariceta davallianae*, *Pineta (sylvestris) chamaedaphnoso (calyculatae) – sphagnosa*, *Sphagneta (fusci, magellanic) depressipinetosa (sylvestris)*, *Cariceto (rostratae et limosae) – Sphagneta (cuspidati)*, *Scheuchzerieto – Sphagneta (cuspidati)*, *Sphagneta (fusci) depressipinetosa (sylvestris)*, *Scheuchzerieto (palustris) – Sphagneta*, *Cariceto – Scheuchzerieto (palustris) – Sphagneta*.

Физико-географические факторы определяют условия образования, развития болот: климат (умеренно-континентальный с влиянием атлантических, арктических воздушных масс), среднее количество атмосферных осадков (500–650 мм в год), среднегодовая температура воздуха (+7 °C), геолого-тектоническая основа (кристаллический фундамент Восточноевропейской платформы перекрыт породами мела, мергеля пластом 20–280 м с востока на запад, редко 1–2 м от поверхности), влияние Днепровского оледенения (гляциальные и флювиогляциальные отложения кварцевых песков, супесей, суглинков, галечников), почвы (дерново-подзолистые, болотно-торфяные). Заболачиванию способствуют низинные формы рельефа с густой гидрографической сетью (реки с меандрами 0,4 км на 1 км², карстовые и ледниково-карстовые озера со сплавидами, заболоченные поймы), равнинная местность пологого склона, высокий уровень грунтовых вод, превышение суммы атмосферных осадков за год над количеством испаряемой влаги.

Эффективность устойчивого функционирования болот зависит от изучения факторов влияния, научных основ и программ рационального природопользования, охраны. Среди экологических факторов воздействия на болота мы выделяем улучшающие и ухудшающие их состояние в сбалансированном развитии. К улучшающим факторам относятся: слабо измененная, изолированная природная среда; высокие лесистость (~40 %), болотистость (~10,2 %), заповедный фонд (~15 %); организация экологической сети; малая плотность населения (40 чел./1км²); отсутствие крупных промышленно-индустриальных предприятий и вредных отходов; научные программы управления, международные конвенции; восстановление гидромелиоративных систем; кадастр, экомониторинг; выкашивание травяных болот; рекультивация торфяных полей и лугов; репатриация аборигенных видов биоты; вторичное искусственное заболачивание; экологическое образование. На ухудшение экологического состояния болот влияют: глобальные изменения климата; усиление ксерофитизации территории, резкие амплитуды изменения микроклимата; последствия осушительной мелиорации, торфоразработки; изменение гидробаланса; отсутствие рекультивации; сплошная вырубка лесов больших площадей; дефляция, эрозия, перенос песка и минерализация болот; эвтрофикация; отсутствие кадастра болот, экологического мониторинга; радиационное влияние после аварии на Чернобыльской АЭС (плотность загрязнения до 2 Ки/км²); сокращение выкашиваемых травяных болот; вытаптывание, сбор ягод и лекарственных трав; природные, резерватогенные сукцессии.

Типизация и классификация болот является базовой основой их изучения. В классификации болот целесообразно руководствоваться их генезисом, а не только геоморфологическими условиями, водноминеральным питанием, характером растительности. В пределах одного болотного массива могут быть эвтрофные, мезотрофные, олиготрофные участки разных растительных сообществ. На территории Западного Полесья мы выделяем два основных генетических типа болот: постлимнеальные (латинское *post* – после, греческое *limne* – озеро) и постпотамные (лат. *post* – после, гр. *potamos* – река). Послеозерные и послеречные болота – это целостные, стабильные, с четкими границами экосистемы, в отличие от заболоченных лесов или лугов. Материалы о происхождении болот способствуют их оптимальному использованию, охране и сбалансированному развитию.

Важный аспект в оценке болот – изучение их торфяных отложений, фитостромы как энергетической и формирующей основы биоценозов. Типичными видами торфообразования болот западной части Полесской низменности являются сфагновые (*Sphagnum*), гипновые (*Hypnum*) мхи, в большей части высшие сосудистые растения: *Calla palustris* L., *Carex chordorrhiza* Ehrh., *Carex lasiocarpa* Ehrh., *Carex rostrata* Stokes, *Comarum palustre* L., *Eriophorum vaginatum* L., *Menyanthes trifoliata* L., *Oxycoccus palustris* Pers., *Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud., *Typha latifolia* L., *Scheuchzeria palustris* L. и другие.

Проведен анализ отложений торфа разнотипных болот и озерных сплавин в пределах территории Волынской области.

Сплавина озера Рогозное (глубина 2,5 м) являет собой осоково-сфагновую ассоциацию с преобладанием *Carex rostrata* Stokes и *Sphagnum fallax* H. Klinggrdf, при участии *Drosera rotundifolia* L., *Oxycoccus palustris* Pers., *Betula pubescens* Ehrh. Торфяные отложения нами определены как слабо разложившиеся, в верхней части крупные останки сфагнов, стебли, листья, плоды осок. В типичной для сплавин водной камере – илисто-органические отложения. Ближе к песчаному дну зафиксированы фрагменты сфагновых мхов, останки осок, их корни, пыльца сосны, а также мелкий кварцевый песок.

Карстовое осоково-сфагновое болото Болитце (площадь 2,9 га, глубина 8,5 м) уникальное по структуре и присутствию большого количества редких видов: *Carex dioica* L., *Betula obscura* A. Kotula, *Salix lapponum* L., *S. starkeana* Wild., *S. myrtilloides* L., *Oxycoccus microcarpus* Turcz. ex Rupr., *Drosera anglica* Huds., *D. intermedia* Hayne, *Dactylorhiza fuchsii* (Druce) Soo, *D. incarnata* (L.) Soo, *Liparis loeselii* (L.) Rich. Шурф был заложен в центральной олиготрофной части мезотрофного постлимнеального болота фитоассоциации *Cariceto (rostratae)* – *Oxycocco (palustris)* – *Sphagnetum* + *Pinus sylvestris* L. Верхняя часть торфа осоково-сфагновая при участии клюквы, зеленых мхов. Наибольший научный интерес представили нижние шары разложившегося торфа, сапропелевых отложений. Кроме фрагментов осок, мхов, зафиксированы пыльца деревьев, части ракообразных, иглы губок (*Spongilla lacustris*, *Spongilla fragilis*), хитиновые части насекомых, диатомовые водоросли (*Surirella ovalis*, *Pinnularia nobilis* и другие), хлорококковые водоросли (*Pediastrum duplex*).

Болото Вутвицкое ценно редким на Полесье видом *Chamaedaphne calyculata* (L.) Moench. Большую часть болота занимает ассоциация *Eriophoreto (vaginatum)* – *Oxycocco (palustris)* – *Sphagnetum* + *Pinus sylvestris* L. Торф (максимальная глубина 1,5 м) средне разложен, состоит из остатков осок, сфагнов, гипнов, пушицы, а также прозрачного и белого кварцевого песка.

Болото Черемское (площадь 1200 га) представляет фитосозологическую ценность, здесь нами отмечено много видов из Красной книги Украины (2009) [5], а именно: *Betula humilis* Schrank, *Salix myrtilloides* L., *Liparis loeselii* (L.) Rich., *Hammarbya paludosa* (L.) O. Kuntze, *Utricularia minor* L., *Utricularia intermedia* Hayne, *Drosera intermedia* Hayne, *Scheuchzeria palustris* L. и др. Торфяные отложения в северной части эумезотрофного осоково-сфагнового болота полосы лага достигают 6 м. Состав торфа типичный осоково-сфагновый, с участием вахты,

клюквы, изредка шейхцерии. В нижних шарах отмечен рогоз и тростник, что свидетельствует о продолжительной тростниковой стадии зарастающего озера в прошлом.

Классическое евтрофное осоково-гипновое болото Звуныч представлено в основном видом *Carex lasiocarpa* Ehrh. Сформировалось в речной долине (глубина до 2 м, дно суглинистое с отложениями мела). Встречается карбонатотфильный вид *Parnassia palustris* L. Торф состоит с останков осок, гипновых мхов и кварцевого песка.

Сплавина карстового озера Мошное (глубина 10 м) осоково-сфагновая, типичная для Полесья. Отмечен охраняемый вид *Utricularia intermedia* Hayne. На поверхности, в блюдцах сфагнов нитчатые зеленые водоросли. Под спавиной водная илистая камера. На дне (8–10 м) хорошо разложенный торф с осок и сфагнов, сапропелевые отложения. В донных озерно-болотных отложениях сапропеля зафиксированы некроценозы корне-ножек (*Arcella artocrea*), хлорококковые зеленые водоросли (*Pediastrum boryanum*).

Результаты анализа подтверждают большую палеоэкологическую ценность торфяных отложений постлимнеальных (послеозерных) болот, в частности болота Болитце. Общие свойства торфов указывают на их типичный восточноевропейский, бореальный тип. Изучение седиментации илистых, торфяных, сапропелевых отложений способствует определению динамики, истории экологических изменений водно-болотных угодий.

Болота, как центры биоразнообразия, формируют Пан-Европейскую экосеть. Наиболее важные, экосозологически ценные болота в составе природно-заповедных ядер: Черемский, Ровенский природные заповедники, НПП Полесский, Припять-Стоход, Шацкий, Биосферный резерват Прибужское Полесье. Болота представлены в природных центрах биоразнообразия: Выганащанский лесоболотный комплекс, Средняя Припять, Званец-Споровские болота, Альманские болота (Белоруссия) [2], Полесское поозерье (Польша) [6], Шацкое поозерье, Надслучанская Швейцария, Пуци Цуманская, Степангородская, Чернечгородокская, поймы рек Припять и Стоход, междуречья Львы и Ствиги (Украина).

В Рамсарский список важных международных водно-болотных угодий (составлен на базе «Рамсарской» конвенции) включены болота Западного Полесья в составе ландшафтных комплексов: Споровские болота, Полесский национальный парк, Шацкие озера, поймы рек Припять и Стоход, торфяноболотный комплекс Переброды, запланированы к включению Черемское болото, озеро Турское, Белое озеро и болото Коза-Березина, болотные массивы Сомыно и Сырая Погоня.

Выводы

1. Экологические исследования болот в последнее время все более актуальны и требуют отдельного направления в геологии (греческое *helos* – болото, *logos* – ученье) (болотоведении) как самостоятельной естественной науке.
2. Растительность болот Западного Полесья представлена 10 классами флористической классификации Браун-Бланке, 10 групп фитоассоциаций включены в Зеленую книгу Украины, 12 водно-болотных комплекса из Рамсарского списка, что подтверждает фитосозологическое значение и высокий уровень сохранности.
3. Предложено два термина основных генетических типов болот Западного Полесья: постлимнеальные (послеозерные) и постпотамные (послеречные).
4. С целью оптимального функционирования, сбалансированного развития болот Западного Полесья приоритет нужно отдавать формированию Пан-Европейской экосети, изучение должно предусматривать экосистемный, гидрологический бассейновый принцип.
5. В связи с активизацией процессов разложения торфяных отложений, целесообразно формировать торфотеки. Необходимо создавать кадастровые паспорта болот, с общей экологической характеристикой. Важно разработать и принять экологиче-

ский кодекс водно-болотных угодий, как нормативно-правовой документ государственного и международного уровня.

Литература

1. Андрієнко Т. Л., Онищенко В. А., Прядко О. І., Панченко С. М., Арап Р. Я., Коніщук В. В., Лукаш О. В., Карпенко Ю. О., Вірченко В. М., Черноус О. П. Фіторізноманіття Українського Полісся та його охорона. – Київ: Фітосоціоцентр, 2006. – 316 с.
2. Демянчик В. Т. Биосферный резерват «Прибужское Полесье». – Брест: Акад., 2006. – 196 с.
3. Зелена книга України / під загальн. редакцією Я. П. Дідуха. – К.: Альтерпрес, 2009. – 448 с.
4. Определитель высших растений Украины / Д. Н. Доброчаева [и др.]: 2 изд. стереот. – Киев: Фитосоциоцентр, 1999. – 548 с.
5. Червона книга України. Рослинний світ / за ред. Я.П. Дідуха. – К.: Глобалконсалтинг, 2009. – 900 с.
6. Chmielewski Tadeusz J. Międzynarodowy rezerwat biosfery «Polesie Zachodnie». – Lublin–Urszulin, 2000. – 120 p.
7. Tobolski K. Przewodnik do oznaczania torfow i osadow jeziornych. Wydawnictwo naukowe PWN. – Warszawa, 2000. – 508 s.

THE ECOLOGICAL FACTORS OF THE FUNCTIONING MOORE WEST POLESIE IN SUSTAINABLE DEVELOPMENT

V. V. Konishchuk

Actual problems of moore West Polesie (Ukraine, Belorussia, Poland) had considered. Results of the analysis of the peat postponing had presented. Optimization measures of the sustainable development of moore in shaping Pan-European econet had offered.

БИОГЕОХИМИЧЕСКИЙ КРУГОВОРОТ В БОЛОТНЫХ ЭКОСИСТЕМАХ¹**Н. П. Косых, Н. П. Миронычева-Токарева, Е. К. Вишнякова**Институт почвоведения и агрохимии СО РАН, г. Новосибирск, nrkosykh@mail.ru

Дана количественная оценка изменения химических элементов в продукционно-деструкционных процессах с учетом процесса ретраслокации в болотах средней тайги Западной Сибири в зависимости от типа экосистемы. На основе экспериментальных данных сделан расчет бюджета питательных элементов в болотных экосистемах средней тайги Западной Сибири. Приводятся новые данные о запасах углерода и питательных элементов в живой и мертвой фитомассе, продукции; об изменении запасов элементов при разложении и в процессе ретранслокации. Запасы элементов определяются величиной фитомассы и увеличиваются в ряду экосистем: олиготрофные мочажины → гряды → мезотрофные топи → рямы. В процессе ретраслокации 5–22 % N, 6–15 % P и 25–36 % K от потребления возвращается в экосистему. Все отмеченные особенности зависят от типа экосистемы, видового состава сообщества и химического состава растений.

Биогеохимический круговорот химических элементов растительного вещества в болотных экосистемах прослеживается в таких основных процессах, как поступление с продукцией, изменение в процессе деструкции и возвращение элементов в экосистему при внутреннем цикле в процессе ретранслокации. Поступление растительного вещества и основных химических элементов в болотную экосистему происходит с чистой первичной продукцией. Особенностью биологического круговорота химических элементов в болотных экосистемах является продолжительное задерживание поглощенных химических элементов в растительном веществе. По этой причине общая биомасса на единице площади в деятельном слое в болотных фитоценозах в 5 раз больше фитомассы. Замедленность движения масс элементов в системе биологического круговорота в болотных экосистемах усиливается тем, что основная часть биомассы до 80 % находится в торфе, и отмирающие части сфагновых мхов задерживаются в толще, образуя обильную сфагновую подстилку. Исследования функциональных характеристик болотных экосистем и их количественная оценка позволяет внести вклад в изучение запасов химических элементов и их изменение в различных биологических процессах.

Оценка химических элементов в продукционных, деструкционных процессах, в процессе депонирования и ретранслокации органических соединений, которые составляют основу биотического круговорота, позволяет прогнозировать устойчивость болотных экосистем к климатическим изменениям в современных условиях. Целью данной работы является определение количественной оценки химических элементов в продукционно-деструкционных процессах с учетом процесса ретраслокации в болотах средней тайги Западной Сибири в зависимости от типа экосистемы.

Исследования проводились на ключевом участке, расположенном в подзоне средней тайги в междуречье Оби и Иртыша в окрестности г. Ханты-Мансийска (60°59' с.ш.; 70°10' в.д.). На ключевом участке было выбрано олиготрофное грядово-мочажинное выпуклое болото и заложены следующие пробные площади: рям, гряда и олиготрофная мочажина в ГМК, мезотрофная мочажина. В растительном покрове верховых сфагновых болот средней тайги представлены сосново-кустарничково-сфагновые сообщества (рямы) дренированных участков ландшафта. Сплошной моховой покров в рямах состоит в основном из *Sphagnum fuscum* (Schimp.) Klinggr. с участием вечнозеленых кустарничков. Аналогичные растительные сообщества сформировались на грядах комплексных грядово-мочажинных болот. Отдельные кочки и понижения между ними часто покрыты *Sphagnum magellanicum* Brid. и *Sphagnum angustifolium* (Russ. ex Russ.) C.Jens. Олиготрофные мочажины заняты осоково-сфагновыми и пушицево-сфагновыми сообществами с *Carex limosa* L.

¹ Работа выполнена при финансовой поддержке 08-05-92501-НЦНИЛ_а.

и *Eriophorum russeolum* Fries. В сплошном сфагновом покрове мочажин преобладают *Sphagnum balticum* (Russ.) Russ. ex C.Jens. По краям крупных болотных массивов обычно располагаются мезотрофные мочажины с *Carex rostrata* Stokes, *Sphagnum jensenii* H.Lindb, *Sphagnum fallax* (Klinggr.) Klinggr.

На выделенных площадях послойно отбирались пробы растительного вещества до глубины 30 см. Для определения биологической продуктивности в болотных экосистемах применялись методы выделения разных фракций растительного вещества [1]. Для определения скорости разложения применялся метод закладки растительности в мешочках в торф [2].

Запасы растительного вещества (фитомасса + мортмасса) в слое 30 см в экосистемах болот средней тайги в годы наблюдения варьируют от 8500 до 11000 г/м² (табл. 1). Доля фитомассы составляет 16–18 %. Результат анализа элементного состава живой фитомассы в четырех болотных экосистемах показал значительную разницу между ними. В более олиготрофных условиях мочажин запасы всех элементов ниже, чем в других экосистемах в 1,5–2 раза во всех фракциях. Запасы элементов в большей степени определяются величиной массы, зависят от типа экосистемы и увеличиваются в ряду: олиготрофные мочажины → гряды → мезотрофные топи → рямы. Количество химических элементов в мертвом органическом веществе больше, чем в живой биомассе, при этом концентрация элементов уменьшается.

Разные экологические условия приводят к развитию растительных сообществ, которые формируют определенные запасы живой фитомассы. Запасы фитомассы в болотных экосистемах средней тайги изменяются от 1200 до 2600 г/м² [1] и определяются типом болота, растительным сообществом. В годы исследования на экспериментальных площадках запасы фитомассы колеблются в более узких пределах, от 1600 до 2260 г/м² и определяются в основном типом экосистемы и растительным сообществом. В зависимости от типа экосистемы, сформированной определенным растительным сообществом, запасы живой фитомассы могут различаться в 1,5 раза (табл.1).

Таблица 1

Запасы растительного вещества (РВ) и химических элементов в слое 0-30 см, г/м²

Фракции	РВ	Элементы					
		С	N	P	K	Ca	Mg
Рям							
Фитомасса	2255,6	1100,0	15,0	1,0	8,1	7,1	2,7
Мортмасса	8766,4	4286,4	27,4	3,5	12,3	25,6	5,4
Всего растительного вещества	11022	5386,4	42,4	4,5	20,4	32,7	8,1
Гряда							
Фитомасса	1861,3	905,7	14,0	1,0	8,5	6,2	2,9
Мортмасса	8664,6	4269,7	27,0	3,5	12,2	25,3	5,3
Всего растительного вещества	10525,9	5175,474	41,0	4,5	20,7	31,5	8,2
Олиготрофная мочажина							
Фитомасса	1608,7	789,8	7,1	0,7	5,9	4,1	2,0
Мортмасса	8238,6	4095,2	21,5	3,3	13,2	14,1	3,3
Всего растительного вещества	9847,3	4885,0	28,6	4,0	19,1	18,2	5,3
Мезотрофная топь							
Фитомасса	1888,5	907,4	12,8	1,0	5,6	11,0	1,7
Мортмасса	6584,7	3256,6	17,6	2,6	10,6	12,0	2,8
Всего растительного вещества	8473,2	4163,9	30,4	3,6	16,2	23,4	4,5

В хороших экологических условиях формирования экосистемы рям, количество фитомассы травяно-кустарничкового яруса происходит увеличение фитомассы на 25–30 % по сравнению с олиготрофной мочажиной, где происходит застой воды. С улучшением

экологических условий ускоряется процесс развития травостоя, текущего прироста и отпада фитомассы, раньше начинается распад и все эти процессы протекают гораздо интенсивнее. Доля живого мохового покрова в общей фитомассе в лучших экологических условиях по сравнению с худшими меньше, что связано с различным видовым составом приземного сфагнового слоя и травяного покрова. С ухудшением условий в фитомассе олиготрофных мочажин увеличивается относительное содержание мхов и уменьшается доля кустарничков. В период функционирования экосистем в рядах и грядах накопление в живой фитомассе достигает около 32,7–34,0 г/м² элементов питания, в том числе азота 14–15, кальция 6,1–7,1, калия 8,1–8,5, магния 2,6–2,9 и фосфора 1,05 г/м². В мезотрофной мочажине эти показатели составляют соответственно 12,8, 11,03, 5,58, 1,71 и 1,0 г/м². В олиготрофной мочажине (ОМ) емкость круговорота элементов питания вдвое меньше. Общая емкость биологического круговорота веществ в экосистеме ряма в 1,6 раза больше по сравнению с олиготрофной мочажинкой, в том числе азота в 2,1 раза. Для живой фитомассы гряд и рямов, так же как и мезотрофных мочажин характерно высокое содержание азота. Максимальное количество его в рямовом фитоценозе (15,1 г/м²), немного ниже содержание его в экосистемах гряд (14,0 г/м²), в мезотрофной мочажине уменьшается до 12,8 г/м² и минимальное количество в бедных олиготрофных мочажинах – всего 7,1 г/м². Во всех фракциях фитомассы азота больше, чем любого другого элемента.

Чистая первичная продукция (NPP) болотных экосистем средней тайги изменяется от 330 до 560 гС/м² в год в зависимости от типа экосистемы, водно-минерального питания и климатических условий года (табл. 2). Максимальная продукция создается травами и мхами в мезотрофной мочажине. Подземная продукция мезотрофной топи составляет 60–70 % от общей продукции и создается в основном подземными органами трав и осок. На грядах NPP снижается до 280–400 гС/м² в год, в рядах создается до 330–450 гС/м² в год. Минимальное значение NPP дают растительные сообщества олиготрофных мочажин (290–340 гС/м² в год), где большая часть продукции создается мхами. В сообществах в олиготрофных мочажинах с приростом вовлекается в биологический круговорот 3,96 запасов элементов питания, в сообществах рямов и гряд 12,6–13,2, и максимум достигается в мезотрофных мочажинах – 21,6 г/м² в год. В том числе азота содержится в грядах и рядах 5,91–6,24, кальция 2,06–2,14, калия 2,96–3,55, магния 0,86–1,06 и фосфора 0,45–0,49 г/м². В мезотрофной топи эти показатели составляют соответственно 8,71, 7,38, 3,71, 1,09 и 0,74 г/м². В олиготрофной мочажине потребление с приростом элементов питания намного меньше и составляет соответственно 2,87 N, 0,9 Ca, 2,28 K, 0,6 Mg, 0,31 P г/м² в год.

Таблица 2

Чистая первичная продукция и потребление макроэлементов, г/м² в год

Экосистема	NPP	Потребление макроэлементов					
		С	N	P	K	Ca	Mg
Рям	912,8	450,3	6,2	0,5	3,0	2,1	0,9
Гряда	750,5	369,2	5,9	0,5	3,5	2,1	1,1
Олиготрофная мочажина	656,8	325,1	2,9	0,3	2,3	0,9	0,6
Мезотрофная мочажина	1211,2	562,7	8,7	0,7	3,7	7,4	1,1

Разложение растительного вещества в болотных экосистемах определяется видом растения, фракцией и химическим составом самого растения. Скорость разложения в болотных экосистемах составляет от 50 до 150 гС/м² в год. При разложении потери элементов составляют от 2,1–2,4 азота, 1,19–1,38 Ca, 1,99–1,62 K, 0,53–0,71 Mg, 0,18–0,27 P г/м² в год в экосистемах повышенных элементов рельефа (гряды и рямы), 4,1 азота, 6,9 Ca, 2,13 K, 0,79 Mg, 0,38 P г/м² в год в экосистемах мезотрофных мочажин.

Потери растительного вещества и макроэлементов при разложении в течение года, г/м² в год

Экосистема	Потери РВ	Потери макроэлементов					
		С	N	P	K	Ca	Mg
Рям	251,63	124,24	2,44	0,27	1,62	1,19	0,53
Гряда	204,11	100,58	2,14	0,18	1,99	1,38	0,71
Олиготрофная мочажина	101,64	50,16	0,74	0,06	1,00	0,63	0,37
Мезотрофная мочажина	318,74	149,20	4,00	0,38	2,13	6,93	0,79

Минимальные потери наблюдаются в олиготрофных мочажинах 0,7 азота, 0,6 кальция, 1,0 калия, 0,4 магния, 0,06 г/м² в год фосфора. В целом разложение растительного вещества в болотных экосистемах определяется видом и фракцией растения, его биологией, т.е. химическим составом этого растения. Наибольшие потери массы всех фракций, кроме листьев кустарничков и ветоши трав, наблюдаются в течение первого года эксперимента, во второй и третий годы потери массы значительно уменьшаются. Корни кустарничков разлагаются в 2 раза быстрее, чем их многолетние части, такие как стволы и ветки. Скорость разложения видоспецифична и также сильно различается для разных фракций одного вида растений. Это объясняется биохимическими характеристиками растительных тканей. Листья трав и кустарничков разлагаются за 2–3 года и почти не оставляют следов в торфе. Сфагновые мхи весьма устойчивы к разложению. Разложение в олиготрофной мочажине медленнее в 2 раза, чем на гряде, в 2,5 раза – в ряме и в 3 раза – в мезотрофной мочажине.

Часть необходимых для построения новых тканей элементов питания поступает не из почвы, а из стареющих и отмирающих тканей растения. Данный процесс ретранслокации или ресинтеза относится к внутреннему круговороту и может составлять значительную часть потребления элемента на построение продукции [3]. Ретранслокация питательных элементов – очень важный процесс циклов N, P и K на болотах (табл. 4). Он играет большую роль в консервации элементов в фитомассе, так как элементы, следующие данным путем, не теряются с опадом. Исследования, проведенные на болотах, показывают, что сухой вес опадающей листвы составлял 37 % от сухого веса зеленой на гряде из-за большого количества вечнозеленых кустарничков и 58,8 % в олиготрофных мочажинах. Потерю веса объясняется оттоком веществ в новые ткани.

В опаде было найдено 50 % N от его количества в зеленой листве. Таким образом, ретранслокация достигала 1,32 г/м², что составляет 22 % от потребления N для экосистемы гряды в целом, а для мочажины – 13 % (0,375 г/м²). Для P ретранслокация составила 6 % от потребления экосистемы гряды и 15 % для мочажины. Для K ретранслокация составила 34,7 % для экосистемы гряды и 35,2 % для олиготрофной мочажины. В процессе ретранслокации из зеленых листьев трав, кустарничков и мхов возвращение питательных элементов (N, P, K) составляет от 1,1 г/м² до 2,6 г/м².

Таблица 4

Ретранслокация элементов, г/м² в год

Экосистемы	Ретранслокация		
	N	P	K
Рям	1,149	0,029	1,073
Гряда	1,312	0,029	1,23
Олиготрофная мочажина	0,375	0,047	0,741
Мезотрофная мочажина	0,48	0,06	0,93

В процессе ретранслокации от 5 до 35 % от потребления возвращается в экосистему, в зависимости от типа экосистемы и растительности. На повышенных элементах рельефа

(гряды и рямы), ретранслокация N максимальна и составляет 18–22 %, в ОМ – 13 % и в мезотрофной мочажине – всего 5 %. Ретранслокация фосфора в экосистемах гряд и рямов не превышает 6 %, в мезотрофной мочажине 7,6 %, а в ОМ – 15 %. Ретранслокация K максимальна в экосистемах рямов и гряд (35–36 %), в ОМ составляет 32 %, в ММ – 25 % от потребления.

На основе новых данных о запасах углерода и питательных элементов в живой и мертвой фитомассе, продукции и изменении запасов элементов при разложении и в процессе ретранслокации сделан расчет бюджета питательных элементов в болотных экосистемах средней тайги Западной Сибири (табл. 5). Потребление химических элементов увеличивается с ростом чистой первичной продукции. Отмечена зависимость потери элементов при разложении от величины продукции, с увеличением продукции потери увеличиваются, при этом концентрации элементов уменьшаются.

Таблица 5

Бюджет химических элементов N, P, K в болотных экосистемах

Процесс	Интенсивность процессов, г/м ² в год		
	N	P	K
Рям			
Потребление растениями с продукцией	4.68	0.35	2.65
Потери при разложении	1.65	0.11	1.36
Ретранслоцировано в надземные органы	1.15	0.04	1.07
Закрепление в торфе	1.88	0.20	0.22
Гряда			
Потребление растениями с продукцией	5.91	0.49	3.56
Потери при разложении	2.14	0.17	2.00
Ретранслоцировано в надземные органы	1.31	0.04	1.23
Закрепление в торфе	2.46	0.28	0.33
Олиготрофная мочажина			
Потребление растениями с продукцией	2.86	0.31	2.28
Потери при разложении	0.74	0.07	1.01
Ретранслоцировано в надземные органы	0.37	0.05	0.74
Закрепление в торфе	1.75	0.20	0.53
Мезотрофная мочажина			
Потребление растениями с продукцией	8.71	0.74	3.70
Потери при разложении	4.01	0.38	2.12
Ретранслоцировано в надземные органы	0.48	0.06	0.93
Закрепление в торфе	4.22	0.30	0.65

Заторможенность биологического круговорота элементов усиливается по мере увеличения обводненности и уменьшения трофности. Так наиболее заторможен круговорот в ОМ, в наиболее бедных и обводненных экосистемах. Наиболее активно круговорот веществ в фитоценозе осуществляется в мезотрофной мочажине, что связано с большим притоком питательных элементов и кислорода. Анализ величины и структуры общего запаса, прироста фитомассы, а также потребления, закрепления и возврата элементов питания в разных экосистемах позволяет отметить ряд особенностей их формирования. В процессе биологического круговорота сумма питательных элементов разных типов экосистем в фитомассе различается в 1,5 раза, в чистой первичной продукции – примерно в 4 раза, в процессе разложения – в 4,7 раза, в процессе ретранслокации – в 2 раза. В процессе ретранслокации возвращается в экосистему 5–22 % N, 6–5 % P и 25–36 % K

от потребления. Все отмеченные особенности зависят от типа экосистемы, видового состава сообщества и химического состава растений. Приведенные данные характеризуют общие черты распределения и миграции масс в растительности болот зоны средней тайги. В каждом конкретном типе экосистем имеются свои особенности.

Литература

1. Kosykh N. P., Mironycheva-Tokareva N. P., Peregon A.M., and Parshina E. K. Net primary production in peatlands of middle taiga region in western Siberia // Russian Journal of Ecology. – 2008. – V. 39. – № 7. – P. 466–474.
2. Козловская Л. С., Медведева В. М., Пьявченко Н. И. Динамика органического вещества в процессе торфообразования. – Л.: Наука, 1978.
3. Базилевич Н. И., Титлянова А. А. Биотический круговорот на пяти континентах: азот и зольные элементы в природных наземных экосистемах. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2008.

BIOGEOCHEMICAL CYCLES IN BOG ECOSYSTEMS

N. P. Kosykh, N. P. Mironycheva-Tokareva, E. K. Parshina

Based on experimental data made the calculation of budget chemical elements in ecosystems Middle Taiga Western Siberia. Are stocks of chemical elements in living phytomass and mortmass, in production and destruction and process of resintes. The degree of difference in element concentrations in the phytomass is high for different types of ecosystems. However, the stocks of elements are determined to the larger degree by the value of phytomass and they increase in a series of ecosystems: oligotrophic hollow → ridge → mesotrophic hollow → rjam. Inventory of items in the wetland ecosystems is 2–4 times when moving from phytomass in mortmass. Consumption of chemical elements increases with increasing net primary production. Listed items with dependency loss of production, with the increase in production losses are increasing, decreasing the concentration. In the process of retranslocation 5–22% N, 6–15% P, and 25–36 % K of consumption is returned in the ecosystem. All selected features depend on the type of the ecosystem, species community and chemical composition of plants.

МИКРОСКОПИЧЕСКОЕ НАСЕЛЕНИЕ СФАГНОВЫХ БОЛОТ: СОСТАВ И СТРУКТУРА СООБЩЕСТВ

Ю. А. Мазей

Пензенский государственный педагогический университет им. В. Г. Белинского, Пенза,
yurimazei@mail.ru

В сфагновых болотах формируется крайне разнообразное микроскопическое население, среди которого наиболее обильны раковинные амёбы. На примере собственных результатов обсуждаются закономерности формирования разнообразия сообществ раковинных корненожек. Главным фактором, обуславливающим различия в структуре сообществ, является уровень залегания грунтовых вод (степень увлажнения). Различия в видовом составе сообществ, формирующихся в биотопах с высоким уровнем увлажнения, проявляются во влажные периоды сезона, а в сухих биотопах – в засушливые. Вертикальная стратификация сообщества также определяется уровнем увлажнённости биотопа.

Торфяники представляют собой уникальные местообитания, в которых доминируют мхи. Наиболее благоприятные условия для развития микроскопического населения создают сфагнумы [1], которые в рамках ландшафта и на уровне дерновины образуют специфическую среду, в которой взаимное действие горизонтального градиента влажности и вертикального градиента освещённости, определяет формирование высокого видового разнообразия и сложной структуры сообществ одноклеточных организмов.

Среди всего микроскопического населения, включающего практически все группы протистов, раковинные амёбы представляют собой один из наиболее многочисленных компонентов, являясь основой микробиальных пищевых петель, обеспечивающих рециклинг биогенов в поверхностных слоях сфагновых болот [2]. Особое внимание исследователей сфагнобионтных раковинных амёб привлекли в начале XX века в результате активной деятельности человека по осушению болот и добыче торфа. В последние 30 лет этот интерес в основном обусловлен становлением метода палеореконструкции климатических изменений и состояний среды на основе анализа ископаемых сообществ раковинных амёб (ризоподный анализ).

Задачей настоящей работы явилось проведение краткого анализа истории изучения раковинных корненожек и выявление закономерностей формирования сообществ сфагнобионтных раковинных амёб на примере одного из наиболее изученных и типичных верховых болот на территории Среднего Поволжья.

Краткая история изучения раковинных амёб как центрального звена микробных пищевых петель в сфагновых болотах

История ризоподного анализа берёт свое начало с работ немецких исследователей [3, 4], в которых приводятся подробные видовые списки и первые данные по структуре сообществ раковинных корненожек различных типов заболоченных биотопов. В 1927 году Harnisch [5] предпринял первую попытку классифицировать накопившуюся к тому времени информацию и выделил 5 основных фаунистических комплексов сфагнобионтных раковинных корненожек, характеризующих среднеевропейские болота.

Весомый вклад в дальнейшее исследование экологии раковинных амёб внесли европейские протозоологии [6–10]. Было выявлено, что помимо влажности не меньшее влияние на структуру видовых комплексов оказывает кислотность среды, наличие подходящего материала для построения раковинки, освещённость, тип болота, а также и другие факторы. Однако, несмотря на значительное количество публикаций, в большинстве работ интерпретация данных носила описательный характер. Местообитания, как правило, были охарактеризованы на уровне типов болот – верховые, переходные, низинные;

для обозначения степени влажности биотопов использовались полуколичественные шкалы. Количественные характеристики видовых комплексов также отсутствовали или были предложены в виде грубой оценки доли вида в сообществе (массовый, малочисленный, единичные экземпляры и т.д.).

Активное исследование количественной экологии раковинных корненожек началось в 80-х годах XX века в связи с развитием вычислительной техники и методов статистического анализа данных. Так, Meisterfeld [11] использовал кластерный анализ для классификации данных, полученных в результате исследования 12 болот, и выделил 25 типов сообществ раковинных амёб, различающихся в основном по доминантам. В качестве основных факторов, определяющих различия между ценозами, были выделены влажность субстрата, горизонт сфагноума и тип болота (верховое или низинное). Помимо детального описания видовых комплексов, анализ количественных отношений между параметрами среды и структурой сообществ раковинных амёб необходим для точной интерпретации палеоэкологических данных ризоподного анализа. В этом отношении показательной является вышедшая в двух частях работа [12, 13] по изучению ненарушенных сфагновых экосистем южной Финляндии. В первой части приводится оценка экологического оптимума для 38 видов тестаей по отношению к 7 химическим и 4 физическим факторам. Во второй с помощью многомерного статистического анализа выявлено 9 типов сообществ раковинных амёб, различия между которыми определялись, в порядке убывания значимости, уровнем залегания грунтовых вод, влажностью субстрата, трофностью биотопа, кислотностью, количеством растворённого органического вещества и другими факторами.

Особо следует отметить работу [14], в которой обобщены данные по количественной экологии сфагнобионтных раковинных амёб. Оказалось, что результаты, полученные исследователями в различных регионах Земли, свидетельствуют об универсальности тестаей как инструмента палеореконструкции и биоиндикации. Тем не менее, работы по экологии раковинных амёб в ранее неизученных регионах необходимы для выявления локальных особенностей организации сообществ.

Обширный материал по экологии сфагнобионтных раковинных амёб представлен в работе А. А. Боброва [15]. В болотных торфяных почвах с использованием количественных методов оценены оптимумы и толерантность раковинных амёб в отношении влажности, показана ведущая роль гидрологического режима, выделены ниши по этому фактору у политипических и полиморфных таксонов. Определена биоиндикационная значимость сфагнобионтных видов и их экологических комплексов в палеоэкологических исследованиях.

В настоящее время исследования экологии сфагнобионтных тестаей активно ведутся в Европе, Северной и Южной Америке, Новой Зеландии, Юго-Восточной Азии, полярных широтах. О повышающемся интересе к этой группе сфагнобионтных организмов свидетельствует успешное проведение двух международных симпозиумов в Антверпене (Бельгия, 2006 г.) и Монбельяре (Франция, 2009 г.). На последнем было принято решение о создании Международного общества, объединяющего специалистов по раковинным амёбам.

В России практически все работы, связанные с изучением сообществ сфагнобионтных раковинных амёб проводились в основном на севере и северо-западе европейской части [16–24], на Кавказе [25, 26], Среднем и Верхнем Поволжье [27–35], и частично в Западной Сибири [36].

Состав и структура сообществ

Рассмотрим один из типичных вариантов формирования полиморфизма сообществ раковинных корненожек – в Безымянном болоте, расположенном на территории Пензенской области. Пробы отбирались в течение 2004 г. на семи станциях с 20 апреля по 23 октября раз в месяц с равными интервалами. Одна станция (ст. 7) представляла собой донные

осадки (листовой опад и крупный детрит) осушительной канавы, окружающей болото. Шесть других располагались в пределах сфагновой сплавины. Сфагновые пробы были распределены по наиболее типичным зонам болота. Две станции (ст. 1 и ст. 2) располагались в центре болота, где формируется наиболее выраженный микрорельеф (кочки и маленькие мочажины) и развита древесная растительность (береза повислая и сосна обыкновенная). Две станции (ст.5 и ст.6) находились на самом краю болота; причем ст. 6 – на самой границе сплавины и осушительной обводной канавы, а ст.5 – в районе уже сформированной достаточно ровной сплавины. Наконец, еще две станции (ст. 3 и ст. 4) оказались на границе между периферической и центральной зонами болота. Здесь произрастают редкие растения березы пушистой и имеются небольшие кочки. Три станции (ст.1, ст.3 и ст.5) располагались в разных зонах болота, но на весьма схожих ровных участках мохового покрова, с доминированием крупнолистных видов сфагнумов (главным образом *S. palustre*) и с уровнем залегания грунтовых вод от 2 до 16 см. Две станции (ст. 2 и ст. 4) располагались на кочках. Уровень залегания грунтовых вод от 26 до 32 см.

Видовой состав и его горизонтальная изменчивость

В ходе исследования было обнаружено 63 вида и формы раковинных амёб, относящихся к 21 роду из 13 семейств. Наибольшее количество видов из родов *Arcella* (14), *Diffugia* (8), *Euglypha* (7), *Centropyxis* (6). Наибольшей встречаемостью в детритных и торфяных отложениях характеризуются следующие виды: *Centropyxis aculeata* (обнаружен в 80 % проб), *Hyalosphenia elegans* (78 %), *Trinema lineare* (76 %), *Nebela tenella* (74 %), *Hyalosphenia papilio* (74 %), *Diffugia parva* (74 %), *Euglypha laevis* (72 %), *Assulina muscorum* (70 %). Количество видов в одной пробе колеблется от 8 до 24. При этом в детритных биотопах каждая проба содержит в среднем меньше видов, чем в сфагновых (различия статистически достоверны; критерий Манна-Уитни с поправкой Бонферрони; $P < 0.05$). Общее количество видов, обнаруженных за весь сезон максимально на ст.6 (39 видов), расположенной на самом краю сплавины. На остальных станциях общее видовое богатство составило от 24 до 29 видов. По-видимому, краевое сообщество представляет собой переходный тип ценоза, включающий виды как из детритофильной, так и из сфагнофильной группировок.

Действительно, классификация сообществ при помощи кластерного анализа по видовому составу свидетельствует о наличии трех вариантов ценозов: сообщество сфагнофильных (ст. 1–5) и детритофильных (ст. 7) видов и переходное сообщество (ст. 6). Кроме того, сообщества сфагнофильных видов также дифференцированы на: формирующиеся в центре и середине болота на кочке (ст. 1, 2 и 4) и на периферии болота и в середине в мочажине (ст. 3 и 5).

Основываясь на результатах анализа главных компонент можно выделить следующие группы видов. Группа детритофилов (обитают в детритных осадках обводной канавы и в краевом сфагновом сообществе – ст.6 и 7) – *Arcella gibbosa*, *A. vulgaris*, *A. hemisphaerica*, *A. discoides*, *A. intermedia*, *A. mitrata*, *Centropyxis aculeata sphagnicola*, *Cyclopyxis kahli*, *Diffugia glans*, *Lesquereusia spiralis*, *Netzelia tuberculata*, *Phryganella hemisphaerica*. Группа сфагнофилов (обитают только в типичных сфагновых биотопах – ст.1–5) – *Archerella flavum*, *Euglypha cristata*, *Diffugia leidy*, *Cryptodiffugia compressa*, *Sphenoderia fissirostris*, *Nebela militaris*. Группа сфагнофилов эврибионтов (обитают в типичных сфагновых и в краевом сфагновом биотопе – ст.1–6) – *Nebela tenella*, *N. tinctoria*, *Euglypha ciliata*, *Bullinularia indica*, *Assulina seminulum*, *A. muscorum*, *Hyalosphenia elegans*, *Diffugia globulosa*, *D. parva*, *Centropyxis aculeata*. Группа эврибионтов (обитают во всех биотопах – ст.1–7) – *Arcella arenaria*, *Euglypha laevis*, *Trigonopyxis arcuata*, *Hyalosphenia papilio*, *Trinema complanatum*.

Степень гомогенности видового состава сообщества в масштабе всего болота неодинакова в течение сезона. Максимальна гомогенность при наибольшей увлажненности весной, минимальна – в наиболее засушливый период, в августе. При этом в мае сообщества

сухих местообитаний (ст. 1, 2 и 4) наиболее сходны между собой, а в увлажненных биотопах формируются три разных варианта ценозов. В августе, напротив, четко различаются сообщества из краевой зоны (ст. 6 и 7), а сообщества из сфагновых кочек (ст. 2 и 4) весьма отличны друг от друга. При этом сообщества из увлажненных сфагновых биотопов (ст. 1, 3 и 5) очень схожи. Таким образом, во влажный период сезона в сухих местообитаниях (кочках) формируется единый вариант ценоза, тогда как во влажных местообитаниях отмечаются различия в видовом составе в разных частях болота. В засушливый период сезона, напротив, сообщества влажных местообитаний характеризуются единым видовым составом, тогда как в сухих биотопах – специфичным.

Видовая структура и горизонтальная дифференциация сообщества

Ординация локальных вариантов сообществ по структурным показателям позволила установить, что 55 % всех различий в видовой структуре связано с отличиями сообществ, формирующихся на кочках (ст. 2 и 4) от остальных. Значения вкладов по первой оси положительно коррелируют со значениями уровня залегания грунтовых вод (коэффициент корреляции Спирмена, $P < 0.1$). При этом корреляция выражена сильнее при учете минимального уровня грунтовых вод за сезон на станции, чем при учете среднего или максимального. Вторая главная компонента, объясняющая 24 % общей дисперсии видовой структуры, связана с отличиями сообщества, формирующегося на краю сфагновой сплавины (ст. 6), от остальных и обусловлена уровнем pH (коэффициент корреляции Спирмена, $P < 0.1$).

Таким образом, основываясь на результатах ординации, можно выделить следующие варианты сообщества. Первый вариант – ценоз сфагнобионтов-ксерофилов *Assulina muscorum* – *A. seminulum* – *Cryptodifflugia compressa*. Второй вариант – ценоз сфагнобионтов-мезофилов *Hyalosphenia papilio* – *H. elegans* – *Heleopera sphagni* – *Nebela tenella*. Третий вариант – ценоз сфагнобионтов-гидрофилов *Cyclopyxis eurystoma* – *Phryganella hemisphaerica* – *Heleopera sphagni* – *Hyalosphenia papilio*.

Вертикальная структура сообщества

Проведенное исследование показало, что в изучаемом болоте в Среднем Поволжье, так же как и в других болотах [37–39] ярко выражена вертикальная структура сообщества раковинных амёб. Наиболее характерным видом в верхнем горизонте 0–3 см в Безымянном болоте является *H. papilio*. Этот вид отсутствовал в составе доминантов только в одном из шести изученных локальных сообществ (ст. 4). В сообществе гидрофилов к этому виду добавляется *Ph. hemisphaerica* и *C. eurystoma*, в сообществе гидрофилов – *H. sphagni*, в сообществе ксерофилов – *A. muscorum*, *A. seminulum*, *A. flavum*, *E. laevis*. В более глубоких слоях в сообществе гидрофилов доминирует *H. papilio* и *C. eurystoma* в средних горизонтах и представители рода *Arcella* в наиболее глубоких. В средних и нижних горизонтах в сообществах гидрофилов доминируют *H. elegans* и *N. tenella*, а в сообществах ксерофилов к ним добавляются *C. compressa* и *E. ciliata*. Кроме того, в сообществе гидрофилов в нижних слоях обилиен вид *D. leidy*.

Полученные данные хорошо согласуются с результатами предыдущих исследований, суммированных в работе [39]. *H. papilio*, *A. flavum*, *A. muscorum*, *A. seminulum*, *H. sphagni* являются характерными обитателями верхушек сфагнумов. Часть из этих видов (*A. flavum*, *H. sphagni*, *H. papilio*) являются миксотрофами, т.е. содержат в цитоплазме зоохлореллы, которыми частично и питаются [40]. Вместе с тем, в сообществе ксерофилов в верхних слоях обычны виды без зоохлорелл (*A. muscorum*, *A. seminulum*).

С другой стороны, ранее отмечалось [37], что виды с раковинками, покрытыми ксеносомами, приурочены к нижним горизонтам сфагнума, где имеется необходимый материал для построения раковинки, а виды, которые одновременно и несут в себе зоохлореллы, и покрыты ксеносомами (*H. sphagni*), обитают в подповерхностных горизонтах

сфагнумов, где еще достаточно света, но уже имеется материал для построения раковинки [37, 41]. Наше исследование полностью подтверждает последнюю гипотезу, тем более что мы принимали во внимание распределение только живых особей.

Что касается предположения об увеличении численности видов, строящих раковинку из ксеносом, в нижних горизонтах сфагнумов, следует подчеркнуть, что формирующиеся паттерны сильно зависят от условий местообитания. Так, результаты нашего исследования свидетельствуют о том, что в погруженном в воду *Sphagnum riparium*, произрастающем на краю сфагновой сплавины, в верхних слоях сфагнума доминировали виды с ксеносомами (*Ph. hemisphaerica*, *C. eurystoma*), тогда как в самых нижних – виды с органической раковинкой (представители рода *Arcella*). С другой стороны, в пределах сфагновой сплавины в нижних горизонтах сфагнумов доминировали виды, строящие раковинку из идиосом (*H. elegans*, *N. tenella*, *E. ciliata*) или органическую раковинку (*C. compressa*), хотя в достаточно увлажненных местообитаниях в нижних горизонтах в значительном количестве развивается вид *D. leidy*, строящий раковинку из ксеносом.

В разных условиях формируются разные паттерны вертикальной структуры сообщества раковинных амёб. Этот аспект ранее специально не обсуждался. В результате нашего исследования было установлено, что в погруженном в воду *Sphagnum riparium* (сообщества гидрофилов) наиболее сильный «перелом» в структуре сообщества отмечается на глубине 15 см, когда меняется характерный комплекс сфагнофилов (*H. papilio*, *Ph. hemisphaerica*, *C. eurystoma*, *H. sphagni*) на комплекс представителей разных видов рода *Arcella*. На ровных сфагновых лужайках с доминированием *Sphagnum palustre* и *S. magellanicum* (сообщества гигрофилов) наблюдается два «перелома» в структуре сообщества: на глубине 3 см сообщество миксотрофов (*H. papilio*, *H. sphagni*) сменяется на переходное сообщество (*H. elegans*, *N. tenella*, *H. papilio*, *H. sphagni*), а на глубине 6 см переходное сообщество меняется на сообщество с доминированием *N. tenella*. На кочках (сообщества ксерофилов) в разных условиях формируется два разных варианта вертикальной структуры. В одном случае отмечается один «перелом» на глубине 9 см, где верхний вариант (*A. muscorum*, *A. seminulum*) сменяется на нижний (*N. tenella*, *H. elegans*, *E. ciliata*). В другом случае – два «перелома»: на глубине 3 см верхний вариант (*H. papilio*, *A. flavum*, *E. laevis*, *A. seminulum*) сменяется на средний (*N. tinctoria*, *A. seminulum*), а на глубине 6 см формируется нижний вариант (*C. compressa*, *N. tenella*, *H. elegans*).

Учет только живых особей позволил выявить тенденции изменения по вертикали интегральных характеристик сообщества. В верхнем слое 0–3 см минимальны видовое богатство, видовое разнообразие и максимальная плотность организмов. Иными словами, весьма специфические условия способствует развитию ограниченного числа видов, имеющих специфические адаптации, такие как наличие зоохлорелл в цитоплазме (*H. papilio*, *A. flavum*, *H. sphagni*) или устойчивость к недостатку увлажнения (*A. muscorum*, *A. seminulum*).

Литература

1. Bovee E. C., 1979. Protozoa from acid-bog mosses and forest mosses of the Lake Itasca region (Minnesota, U.S.A.) // Univ. Kans. Sci. Bull. Vol. 51. – P. 615–629.
2. Gilbert D., Amblard C., Bourdier G., Francez A.-J., 1998. The microbial loop at the surface of a peatland: structure, function, and impact of nutrient input // Microb. Ecol. – Vol. 38. – P. 83–93.
3. Steinecke F., 1913. Die beschalteten Wurzelfussler (Rhizopoda: testacea) des Zehlaubbruches // Schr. Phys.-Okonom. Ges. – Konigsberg. Bd. 54. – S. 299–328.
4. Heinis F., 1914. Die Moosfauna Columbiens // Mem. Soc. Neuchateloise Sci. Natur. T. 5. P. 675–730.
5. Harnish O., 1927. Einige Daten zur rezenten und fossilen testaceen Rhizopodenfauna der Sphagnum // Arch. Hydrobiol. – Bd. 18. – S. 345–360.

6. Hoogenraad H.R., de Groot, A.A., 1940. Moosbewohnende thekamobe Rhizopoden von Java und Sumatra // *Treubia* (Buitenzorg). Bd. 17. – S. 209–259.
7. Grospietsch T., 1953. Die Untersuchung von Mooren mit Hilfe der Rhizopodenanalyse // *Mikrokosmos*. Bd. 42. – S. 101–106.
8. Schönborn W., 1963. Die Stratigraphie lebender Testaceen im Sphagnetum der Hochmoore // *Limnologica*. Bd. 1. – S. 315–321.
9. Moraczewski J., Bonnet L., 1969. Le peuplement thecamoebien de quelques tourbières dans la région de Basse-en-Chandesse (Puy-de-Dame) // *Ann. Stat. Biol. Besse-en-Chandesse*. – № 4. – P. 291–334.
10. Laminger H., 1975. Die Sukzession der Testaceen-Assoziationen (Protozoa Rhizopoda) im rezenten und subfossilen Sphagnum des Obersees bei Lunz (Niederösterreich) // *Hydrobiologia*. – Vol. 46. – P. 465–487.
11. Meisterfeld R., 1979. Clusteranalytische Differenzierung der Testaceenzonosen (Rhizopoda, Testacea) in *Sphagnum* // *Arch. Protistenk.* Bd. 121. – S. 270–307.
12. Tolonen K., Warner B.G., Vasander H., 1992. Ecology of testaceans (Protozoa: Rhizopoda) in mires in southern Finland: 1. Autecology // *Arch. Protistenk.* Bd. 142. – S. 119–138.
13. Tolonen K., Warner B.G., Vasander H., 1994. Ecology of testaceans (Protozoa: Rhizopoda) in mires in Southern Finland: II. Multivariate Analysis // *Arch. Protistenk.* – Bd. 144. – S. 97–112.
14. Charman D.J., Hendon D., Woodland W.A., 2000. The identification of testate amoebae (Protozoa: Rhizopoda) in peats. QRA Technical Guide №. 9. London: Quat. Res. Association. – P. 147.
15. Бобров А. А., 1999. Эколого-географические закономерности распространения и структуры сообществ раковинных амёб (Protozoa: Testacea). Дис. ... д-ра биол. наук. – М.: МГУ. – 341 с.
16. Бассин Ф. Н., 1944. Географическое распространение раковинных корненожек: Дис. ... д-ра биол. наук. – Архангельск: Арх. мед. ин-т. – 449 с.
17. Алексеев Д. В., 1984. Раковинные амёбы почв болотных лесов северной подзоны европейской тайги: дис. ... канд. биол. наук. – М.: МПГУ. – 262 с.
18. Бобров А. А., 2003. Историческая динамика озерно-болотных экосистем и сукцессии раковинных амёб (Testacea) // *Зоол. журн.* – Т. 82. – С. 215–223.
19. Бобров А. А., Чармен Д., Уорнер Б., 2002. Экология раковинных амёб олиготрофных болот (особенности экологии политипических и полиморфных видов) // *Известия АН. Сер. Биол.* – № 6. – С. 738–751.
20. Мазей Ю. А., Кабанов А. Н., 2008. Раковинные амёбы в осоково-сфагновом заболоченном лесу на севере Карелии // *Известия ПГПУ им. В.Г. Белинского. Сер. Естественные науки.* – 2008. № 10(14). – С. 101–104.
21. Мазей Ю. А., Цыганов А. Н., Бубнова О. А., 2009. Видовой состав и структура сообщества раковинных амёб в сфагновом болоте на севере Карелии (Прибеломорская низменность) // *Зоологический журнал.* – Т. 88. – №7. – С. 771–782.
22. Мазей Ю. А., Бубнова О. А., Чернышов В. А., 2009. Структура сообщества раковинных амёб в сфагновой сплаvine северотаежного болота (Карелия, Россия) // *Поволжский экологический журнал.* – №2. – С. 115–124.
23. Мазей Ю. А., Бубнова О. А., 2009. Видовой состав и структура сообщества раковинных амёб в северотаежном сосново-сфагновом болоте (Карелия, Россия) // *Бюллетень МОИП. Отдел Биологический.* – Т. 114. – №6. – С. 15–23.
24. Мазей Ю. А., Бубнова О. А., Цыганов А. Н., Чернышов В. А., 2010. Структура сообщества раковинных амёб в грядово-озерковом болотном комплексе северной тайги (Карелия, Россия) // *Известия Самарского научного центра РАН.* – Т.12. – №1. – С. 99–102.
25. Тарноградский Д. А., 1959. Микрофлора и микрофауна торфяников Кавказа. 8. Осоково-сфагновое озеро в верховьях Балкарской реки Терек // *Работы северо-кавказской гидробиол. станц. (Труды Северо-Осетинского сельскохоз. ин-та. Т. 21).* – Т. 6. – Вып. 3. – С. 3–59.
26. Тарноградский Д. А., 1961. Микрофлора и микрофауна торфяников Кавказа. 5. Сфагнетумы Махарского ущелья (Карачаево-Черкесская А.О.) // *Работы северо-кавказской гидробиол. станц. (Труды Северо-Осетинского сельскохоз. ин-та. Т. 22).* – Т. 7. – Вып. 1–2. – С. 3–31.

27. Мазей Ю. А., Цыганов А. Н., 2007. Изменения видовой структуры сообщества раковинных амёб вдоль средовых градиентов в сфагновом болоте, восстанавливающемся после выработки торфа // Поволжский экологический журнал. – №1. – С. 24–33.
28. Цыганов А. Н., Мазей Ю. А., 2007. Видовой состав и структура сообщества раковинных амёб заболоченного озера в Среднем Поволжье // Успехи современной биологии. – Т. 127. – № 4. – С. 405–415.
29. Мазей Ю. А., Цыганов А. Н., Бубнова О. А., 2007. Видовой состав, распределение и структура сообщества раковинных амёб мохового болота в Среднем Поволжье // Зоологический журнал. – Т. 86. – Вып. 10. – С. 1155–1167.
30. Мазей Ю. А., Цыганов А. Н., Бубнова О. А., 2007. Структура сообщества раковинных амёб в сфагновом болоте верховий реки Суры (Среднее Поволжье) // Известия РАН. Серия Биологическая. – №4. – С. 462–474.
31. Мазей Ю. А., Бубнова О. А., 2007. Видовой состав и структура сообщества раковинных амёб в сфагновом болоте на начальном этапе его становления // Известия РАН. Серия Биологическая. – № 6. – С. 738–747.
32. Mazei Yu. A., Tsyganov A.N., 2007. Species composition, spatial distribution and seasonal dynamics of testate amoebae community in sphagnum bog (Middle Volga region, Russia) // Protistology. Vol. 5. № 2/3. P. 156–206.
33. Мазей Ю. А., Бубнова О. А., 2008. Структура сообщества раковинных амёб в Наскафтымском моховом болоте (Среднее Поволжье, Россия) // Поволжский экологический журнал. – №1. – С. 39–47.
34. Мазей Ю. А., Цыганов А. Н., Бубнова О. А., 2009. Структура сообщества раковинных амёб в заболоченных биотопах южной тайги Европейской части России // Успехи современной биологии. – Т. 129. – №2. – С. 212–222.
35. Мазей Ю. А., Бубнова О. А., Чернышов В. А., 2009. Структура сообщества раковинных амёб (Testacealobosea; Testaceafilosea; Amphitremidae) в Чибирлейском моховом болоте (Среднее Поволжье, Россия) // Известия Самарского научного центра РАН. – Т. 11. – № 1. – Ч. 1. – С. 72–77.
36. Рахлеева А. А., 2002. Раковинные амёбы (Testacea, Protozoa) таежных почв Западной Сибири (Сургутское Полесье) // Известия АН. Сер. Биол. – № 6. – С. 752–762.
37. Heal O.W., 1962. The abundance and micro-distribution of testate amoeba (Rhizopoda: Testacea) in *Sphagnum* // Oikos. Vol. 13. P. 35–47.
38. Meisterfeld R., 1977. Die horizontale und vertikale Verteilung der Testaceen (Rhizopoda, Testacea) in *Sphagnum* // Arch. Hydrobiol. Bd. 79. S. 319–356.
39. Mitchell E.A.D., Gilbert D., 2004. Vertical micro-distribution and response to nitrogen deposition of testate amoebae in *Sphagnum* // J. Eukaryot. Microbiol. Vol. 51. P. 480–490.
40. Schönborn W., 1965. Untersuchungen über die Zoochlorellen-Symbiose der Hochmoor-Testaceen // Limnologica. Bd. 3. S. 173–176.
41. Booth R.K., 2002. Testate amoebae as paleoindicators of surface-moisture changes on Michigan peatlands: modern ecology and hydrological calibration // J. Paleolimnol. Vol. 28. P. 329–348.

MICROSCOPIC FAUNA OF THE SPHAGNUM BOGS: COMPOSITION AND COMMUNITY STRUCTURE

Yu. A. Mazei

In the sphagnum bogs there are extremely diverse microscopic fauna exists with testate amoebae as a leading group. On the case of own data patterns of rhizopods community forming are discussed. The main factor affecting community structure is moisture content. Differences in species composition between local communities of hydrophilous species are more prominent in wet season, whereas of xerophilous species in dry periods. Vertical differentiation is also affected by moisture content.

ДВЕСТИ ЛЕТ БОЛОТНОЙ МЕЛИОРАЦИИ

Б. С. Маслов

Академик Россельхозакадемии, г. Москва

Приведены исторические сведения о первых работах по осушению болот для земледелия в России и издании первой книги по осушительной мелиорации ровно 200 лет назад, в 1810 году.

Осушительные работы и сооружение водосточных систем в России проводились еще при строительстве и благоустройстве городов (Боголюбово, В. Новгород, Киев, Ст. Ладога, Санкт-Петербург), начиная с XII века. Нередко они выполнялись и на болотах, например, при строительстве новой столицы Санкт-Петербурга, который «из тьмы лесов, из топи блат вознесся пышно, горделиво» (А. С. Пушкин). Об этом много свидетельств археологов [6]. Оказавшиеся в зоне влияния водоотводных сооружений болотные земли использовались населением под огороды, и таким путем стихийно накапливался опыт по культуре болот.

По-видимому, одной из первых книг, повествующих о мелиорации болот для земледелия, была книга С. Волкова «Флоринова экономия», представляющая свободный перевод с немецкого одноименной книги с добавлениями переводчика. Первое её издание (1738 г.) было посвящено императрице Анне Иоанновне, пятое издание вышло в 1794 г. Автор пишет: «Болота и грязи... надо осушать, голландцы болотную и топкую землю сухою и плодоносную сделали», устраивая каналы и применяя водочерпальные машины (насосы), землю надо увлажнять в жару [2]. Способы осушения и увлажнения автор не рассматривает.

Интерес к осушению болот всячески поддерживался публикацией статей в «Трудах Вольного Экономического Общества» (ВЭО). Уже в 1766 г. барон Вульф советует «сенокосы на болотных местах... окапывать рвами (каналами)». Он в своем имении в Лифляндии прокопал 64 км каналов, благодаря чему лучше стали расти зерновые культуры и травы. В том же 1766 г. сообщает А. Олешев из Вологды: «Каналы, или рвы столько нам добра сделали». В 1769 г. публикуется сообщение из Владимирской губернии: «болотистые места рвами окапывают...», а в Кашинском уезде (1774 г.) «болотистые места окапывают рвами... еще в редких случаях».

Корреспондент ВЭО, обращаясь к «искусным физикам и любопытным» в 1767 г. задает вопрос: «не откроют ли они чего в сокровенной натуре и не покажут ли легчайших при том способов, как сохранить поля наши от вреда», имея в виду удаление избытка воды и её восполнении в периоды засух на разных землях. Для изучения «нового земледелия» в 1765 г. по велению императрицы Екатерины II была послана в Англию первая группа молодых людей, в составе которой был А. А. Самборский, ставший потом известным протоиереем, законоучителем и духовником императора Александра I. Он опубликовал книгу «Описание практического аглинского земледелия» (1781 г.), в которой привел сведения об осушении болот «рвами (каналами) открытыми и закрытыми», применения агромелиоративных мероприятий. Его мнение твёрдо: «О пользе, происходящей от осушения земли, упоминать не надобно: ибо каждому известно, что, где излишне находится вода, там ни хлеба, ни трава родиться не могут» [7].

Профессор земледелия М. И. Афонин (1771 г.) рекомендовал для осушения болот проводить небольшие каналы и поперек их борозды с отводом воды в главный канал и реку [1].

Известный земледел **М. Е. Ливанов**, также некогда стажировавшийся в Англии, рекомендовал осушение болотистых земель подземными рвами (дренами или, точнее, закрытыми собирателями) глубиной до 75 см, проводимыми через 3,5–5 м, заполняемыми сырым хворостом, ветвями деревьев и соломой [5].

Профессор **И. М. Комов**, прошедший также стажировку в Кембридже, подробно описал способы осушения каналами и дренами, изготовленными из жердей, фашин, камня, выборочное бороздование [3].

В «Трудах ВЭО» в 1790 г. отмечается необходимость осушения под Петербургом 500 тысяч десятин (545 тыс. га). Автор–аноним обращает внимание на необходимость только «сколько востребуется для стечения излишних вод», чтобы при необходимости «можно было воды, снова задерживая, сберегать так, как лучшее богатство вновь устраиваемых почв». Уже в то время думали об увлажнении болотных почв в периоды засух.

В 1771 г. в «Трудах ВЭО» опубликована статья Федота Владимировича **Удолова** «Экономические правила», удостоенная серебряной медали, в 1772 и 1773 гг. они были продолжены в статьях о скотоводстве и сельском домостроительстве. Главным вопросом было повышение продуктивности сенокосов. Он писал, что «с хороших сенокосов без удобрений можно получать 200–300 пудов (3,2–4,8 т) сена», а с плохих и 50 пудов с десятины не получишь. Впервые в литературе появились предложения по хозяйственному использованию различных болот, хотя до их типизации и классификации болотоведами еще было далеко. Слово торф еще только утверждалось в русском языке вместо слов тундра и турф. Тем интереснее взгляды опытного хозяйственника, которые читаются и воспринимаются с удовольствием. (Любопытно, что фамилия Удолов происходит от полузабытого слова удо, что означает низина. Бытовала в то время поговорка, олицетворяющая модное ныне адаптивно-ландшафтное земледелие «по удолам пажити, по кряжам пашни, их угорьям леса и сады»).

Приведем несколько рекомендаций Ф. В. Удолова по луговодству, мелиорации и освоению осушаемых земель:

«По косогорам в лощинах и между буераками при малых проточинах по положению мест... держится всегдашняя мокрота и сырость и составляет непроходимую топь. Хотя и называют такие покосы влажными, но они того звания не стоят: приличнее их называть болотом... Необходимо... по всему месту, где мокрота есть, по склонению вырыть небольшие каналы, один от другого сажени на четыре, к которому из тех ключ трафится ближе, в том и стремление будет большее, и сделает себе свободный путь. Часть каналов со временем можно заровнять».

«...При ручьях и в долинах самое то место позволяет хорошие покосы иметь, однако есть и покрытые кочками места, на коих и травы мало бывает да и неспособно косить... Надлежит все кочки срезать» особой сохой из еловой копоры – наподобие кривой лопаты. Кочки сложить рядами, оставить на все лето и зиму, а весной изрубить топорами и железными лопатками, расчесать граблями и ямы заровнять, потом посеять трухою и торицею.

На каменистых лугах – выбрать камни и засеять трухою и торицею; если очень много камней – «засеять лесными семенами». Для замены сенокосов выбрать в лесу низкое мокрое место, покрытое не больше аршина мхом. «Место обсушить каналами, мох весь чисто собрать», лес, пеня и валежник подобрать, грунт сравнять, запахать, заборонить и засеять трухою.

«Все мокрые топкие и мхом покрытые земли безраздельно называются болотами, а в самой вещи они разного свойства». Из многих болот «пашню и покос неотменно сделать надобно: порядок и труды, как с ними поступить, уже известны: в том только надлежит иметь хороший разбор, чтоб не касаться до таких болот, которые сами собой приносят пользу. И те также бывают наполненные мхом, великими трясины с лесною

порослью, занимают не малую обширность и производят течения рек, затем в другое употребление их определить не можно, и к ним никакие труды не надобны».

Другие болота, тонкие с редкой болотной травой и тростником, с торфом на сажень и больше, из них источников не бывает, а вырытые каналы быстро заплывают. Надо брать «болотную землю и класть на песчаные поля против навозу втрое», будет хороший хлеб родиться.

Болота, наполненные гнилым мхом до 5 аршин и больше (по краям их всегда непроходимая топь), надо использовать на топливо [9].

Статьи Ф. В. Удолова пропагандируют наряду с мелиорацией травосеяние, но так как семена трав никто в те времена не производил, рекомендует применять труху и торцу (сенные отсевки), удобрение лугов с использованием навоза, навозной жижи, а на минеральных почвах – торфа.

Первым крупным объектом осушения стало болото в **Рябовой мызе**, в 16 км от Петербурга по проекту и под руководством **Е. И. Шретера**, выполненное в 1777 году. Болото площадью 1360 га, низинное с мощной залежей торфа и с поступлением воды из родников со стороны холмов. Регулирующая осушительная сеть (в современном понимании) была представлена параллельными каналами, проведенными через 86 м, глубиной около 1,0 м и шириною поверху 1,4 м, которые были выведены в транспортирующие (боковые) собиратели глубиной 1,5 м и шириной поверху 2,2 м. Последние в свою очередь выводили воду в магистральный (главный водоотводной) канал, по которому она сбрасывалась в реку Охту. Глубина этого канала составляла 1,4 м (до 3,0 м в местах пересечения минеральных бугров), заложение откосов 1:1, ширина до 4,3 м. После вспашки и боронования была посеяна рожь, на следующий (1779 г.) рожь и ячмень. Как писал Е. И. Шретер (1780), «хлебная жатва 1779 г. ...была изобильнейшая и богатейшая», убрали 300 крестьянских возов репы (картофеля еще в то время не было). Как отмечено, осушение облагородило ландшафт: открылся вид на хороший лес от господского дома, исчезли зловонные болотные испарения [10].

В 1791 г. ВЭО для пропаганды осушения земель с целью «поправления полей» (слово мелиорация еще отсутствовало) объявляет конкурс с выплатой премии в размере 10 рублей тому из крестьян, кто осушит 3 десятины болота. В 1803 г., с целью поощрения добычи торфа на топливо ради сбережения леса, объявляется новый конкурс: «кто добудет к 1 октября 1803 г. 50 куб. сажень (483 м³) торфа в окрестностях Санкт-Петербурга, тот будет награжден золотой медалью».

Заслуживает внимания переведенная с немецкого книга российского энциклопедиста **Василия Алексеевича Левшина** (вспомним слова А.С. Пушкина: «Вы школы Левшина сыны») «Ручная книга сельского хозяйства для всех сословий, содержащая в себе науку земледелия вообще и о хлебах» с примечаниями переводчика, в которой приведены материалы «по приведению полей в годность к земледелию..., особенно же болотистых», «о водоотводных и других рвах», об орошении [4].

Вторым в России крупным проектом мелиорации было осушение в 1802 г. болота на **Стрельнинской мызе** под Петербургом в имении великого князя Константина Павловича в 8 км от Дворца (ныне его дворец используется как резиденция Президента РФ).

Осушение выполнено по проекту и под руководством Г. И. Энгельмана каналами, расположенными в виде систематической сети, образовавшими на болоте участки прямоугольной формы. Главные каналы имели глубину до 4,4 м, в них были выведены боковые каналы длиной 580 м и глубиной 0,9–1,5 м. Для осушения низин применены фашинные дрены, уложенные в траншеи глубиной 1 м, шириной 0,75 м, покрытые мохом и дерном. Результаты осушения, как и в Рябовой мызе, были блестящие [11].

В те же годы начались работы по осушению заболоченных лесов. В 1805 г. помещик П. А. Пузыревский в Царскосельском уезде через болотный лес проложил дорогу с глубокими кюветами, которые вывел в реку Оредеж, в результате 218 га болот было осушено.

Первый опыт осушения болот для земледелия в Российской империи был обобщен в книге **Григория Ивановича Энгельмана**, бывшего в течение многих лет управителем деревень у Великого князя, в последующем состоял статским советником при Министерстве внутренних дел, занимаясь усовершенствованием сельского хозяйства.

Само название книги (длинное, свойственное тому времени) раскрывает её содержание: **«Теоретическое и практическое руководство к осушению угодьев, или познание причин, рождающих в почве чрезмерную мокроту и производящих зыби, болота и топи; равно средств, чрез которые умножение оной пресекать и усилившуюся уже там воду отводить и делать такие угодья удобными к обрабатыванию»**, книга напечатана в 1810 г. по Высочайшему повелению.

Уже в первой главе книги, включающей 12 глав, рассмотрены причины чрезмерной мокроты, т.е. заболачивания почв, которые в последующие десятилетия получили название типов водного питания земель. Названы, говоря современным языком, атмосферный, грунтовый, грунтово-напорный и намывной типы водного питания (ТВП). Только склоновый тип не назван, он включен в атмосферный тип водного питания. Это было впервые в литературе, автором ТВП является Г. И. Энгельман. Интересны сформировавшиеся в то время взгляды на торф и болота, высказанные во второй и третьей главах. Автор книги впервые предложил закрытые собиратели (нередко в литературе их появление связывают неверно с А. Д. Брудастовым), в их числе: из каменной наброски, из каменных плит прямоугольного и треугольного поперечного сечения, из фашин и хвороста.

Ратуя за осушение болот, Г.И. Энгельман отмечает, что мокрые страны бывают холоднее других, лежащих с ними в одинаковом географическом климате. В отдельную главу выделены вопросы влияния осушения болот на климат, здоровье и сельское хозяйство. Впервые приведены, говоря современным языком, экологические наблюдения об уменьшении рыбности рек при их регулировании и сбросе болотных вод.

Таким образом, конец XVIII – первая декада XIX века положили начало осушительной мелиорации в России. Книгой Г. И. Энгельмана был подведен итог достижений в теории и практике мелиорации на начало XIX века. У её истоков стояли выдающиеся практики и ученые Ф. В. Удолов, Г. И. Энгельман, М. И. Афонин, И. М. Комов, В. А. Левшин, М. Е. Ливанов, А. А. Самборский.

Ровно через сто лет два известных мелиоратора **Р. П. Спарро** и **А. Д. Дубах**, отмечая юбилей этой книги, издали в 1912 г. свою книгу с тем же названием **«Теоретическое и практическое руководство»**. Прошло еще сто лет, и ныне, отмечая 200-летний юбилей мелиорации болот, такой книги никто не подготовил, хотя по существу теоретические основы мелиорации, закрытого дренажа и осушительно-увлажнительных систем сформированы только в последней половине XX века. Видимо, еще не настало время в полной мере обобщения и анализа прошлого.

Литература

1. Афонин М. И. Слово о пользе знаний, собирании и расположении чернозему, особливо в хлебопашестве. – СПб., 1771.
2. Волков С. Флоринова экономия. Изд. 5-е. – СПб., 1794.
3. Комов И. М. О земледелии. – М., 1788.
4. Левшин В. А. Ручная книга сельского хозяйства для всех сословий. Ч. 1. – М., 1802.
5. Ливанов М. Е. О земледелии, скотоводстве и птицеводстве. – СПб., 1799.

6. Маслов Б. С., Колганов А. В., Гусенков Е. П. История мелиорации в России. – М.: Росинформагротех, 2002, – Т.1.
7. Самборский А. А. Описание практического аглинского земледелия. – М., 1781.
8. Спарро Р. П., Дубах А. Д. Осушение болот открытыми канавами. Теоретическое и практическое руководство. – М., 1912.
9. Удолов Ф. В. Экономические правила // Тр. ВЭО, Ч. 17. – СПб., 1771.
10. Шретер Е. И. Известие об учиненных работах в Рябовой при осушении болот // Тр. ВЭО, Ч. 2–3. – СПб., 1780.
11. Энгельман Г. И. Теоретическое и практическое руководство к осушению угодьев... – СПб., 1810.

TWO HUNDRED YEARS TO BOG LAND RECLAMATION

B. S. Maslov

The history information are describing about the first works about drainage bogs for husbandry in Russia and publishing the first book about

ИЗМЕНЕНИЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ТОРФЯНЫХ ПОЧВ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ ПРИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОМ ИСПОЛЬЗОВАНИИ

А. С. Моторин*, Ю. В. Сивков**

*Тюменская государственная сельскохозяйственная академия, г. Тюмень

**Тюменский государственный нефтегазовый университет, г. Тюмень, tumen_sivkov@mail.ru

До осушения развитие торфяных почв и характер изменения физико-химических показателей определяются природными факторами, после большее значение приобретают антропогенные, среди которых выделяются режим осушения, характер и сроки использования мелиорируемых земель, агромелиоративные мероприятия.

Физико-химические показатели торфяных почв можно отнести к функциональным свойствам, которые имеют временной характер и изменяются в зависимости от интенсивности воздействия многих факторов, определяющих развитие почв [1; 2; 3]. Изучению физико-химических свойств торфяных почв Северного Зауралья под влиянием осушения и сельскохозяйственного использования уделялось большое внимание [4; 5; 6; 7].

Объекты и методы исследований

Наши исследования проводились на низинных болотах подтаежной зоны (Ернякуль) и северной лесостепи (Решетниково) Тюменской области. Болото Ернякуль площадью 11 тыс. га расположено в Юргинском районе на водоразделе рек Тобол и Вагай, который в геоморфологическом отношении представляет собой аккумулятивную четвертичную равнину. Территория данного геоморфологического уровня сильно заболочена ввиду слабой дренированности.

Осушение было проведено в 1969–1971 гг. на площади 2400 га сетью открытых каналов глубиной 1,5–1,7 м с расстоянием между ними 200 и 400 метров. Магистральный канал осушительной системы глубиной 2,5 м впадает в реку Илиней. В 1987–1990 гг. была осуществлена реконструкция мелиоративной системы, направленная на повышение эффективности регулирующей и проводящей сети.

Почва торфяно-перегнойная, типичная на среднем торфе глубиной 1,2–1,5 м. Растения-торфообразователи – осоки, тростник, гипнум и др. Широкое распространение тростника как торфообразователя указывает на существование в прошлом водоема на месте болота.

Первые два года после освоения возделывались однолетние травы (горохо-овсяная смесь, озимая рожь на зеленый корм). Затем было проведено залужение многолетними травами (кострецом безостым и овсяницей луговой), которые трижды пересевались.

Опытно-экспериментальная мелиоративная система Решетниково расположена в Тюменском районе в центральной части Тарманского болотного массива, занимающего площадь 125,8 тыс. га на второй надпойменной озерно-аллювиальной террасе реки Туры. Общая площадь системы 278 га, из которых 60 га осушаются гончарным дренажом с различными параметрами заложения: глубина от 0,9 до 1,8 м, расстояние между дренами от 8 до 40 м. Остальная часть осушается открытыми каналами с расстоянием между ними 100–250 м.

На объекте Решетниково почва торфяно-перегнойная на мелком и среднем торфе и торфянисто-глеевая солончаковая почва. Растениями-торфообразователями здесь были осоки, тростник, гипнум и др.

Перед залужением многолетними травами (кострецом безостым и овсяницей луговой) на опытных участках возделывались однолетние культуры (овес и озимая рожь).

Результаты исследований и их обсуждение

До осушения развитие торфяных почв и характер изменения физико-химических показателей определяются природными факторами, после большее значение приобретают антропогенные, среди которых выделяются режим осушения, характер и сроки использования мелиорируемых земель, агромелиоративные мероприятия (пескование, глинование, внесение удобрений и т.д.).

Длительное сельскохозяйственное использование торфяной почвы на среднем торфе под многолетними травами приводит к существенному возрастанию обменной и гидролитической кислотности, особенно в пахотном слое (табл. 1). Основными причинами таких изменений являются: вынос обменных оснований с урожаем возделываемых культур, внесение физиологически кислых минеральных удобрений и создание промывного типа водного режима. Подтверждением тому является снижение степени насыщенности основаниями (на 12,2–23,3 %). В последующие годы (через 9 лет) при прекращении внесения минеральных удобрений и сокращении урожаев многолетних трав обменная и гидролитическая кислотность снижаются, степень насыщенности основаниями возрастает до 71,1 %.

Таблица 1

Физико-химические свойства торфяной почвы на среднем торфе под кормовыми культурами (Ернякуль)

Глубина, м	pH _{сол.}	Г.К.	S	Степень насыщенности основаниями, %
		мг-экв. на 100 г абсолютно сухой почвы		
Перед закладкой опыта				
0–0,2	6,2	21,2	106,0	84,5
0,2–0,4	5,8	28,5	116,0	80,3
0,4–0,6	5,8	31,5	108,0	77,4
0,6–0,8	5,7	27,0	152,0	84,9
0,8–1,0	5,6	22,5	112,0	83,3
Через 21 год				
0–0,2	5,2	52,5	96,9	64,8
0,2–0,4	5,2	42,0	100,3	70,5
0,4–0,6	5,2	40,5	94,6	70,0
0,6–0,8	5,0	42,0	82,5	66,3
0,8–1,0	5,1	43,5	93,2	68,2
Через 31 года				
0–0,2	5,9	35,1	101,4	74,3
0,2–0,4	5,9	35,1	108,1	75,5
0,4–0,6	5,9	35,6	101,3	73,9
0,6–0,8	6,0	37,8	110,2	74,4
0,8–1,0	6,0	27,1	106,6	79,7

Значительное влияние на кислотные свойства почв оказывает содержание в них обменных кальция и магния. Основным источником этих элементов для торфяных почв являются грунтовые воды, обогащенные основаниями [8]. По данным М. Н. Никонова [9] для естественных условий до мелиорации торфяных почв круговорот Ca^{2+} и Mg^{2+} происходит по замкнутой линии. Жесткие грунтовые воды систематически пополняют содержание этих элементов. Низкие урожаи естественной растительности используют их мало. Урожай не отчуждается. Кальций и магний, используемый урожаем, возвращается почве. На осушенных торфяных почвах продукция растениеводства почти полностью отчуждается, а с ней масса кальция и магния. В. Л. Телицын [7] также утверждает, что в результате осушения и сельскохозяйственного освоения естественный биохимический круговорот веществ в болотах нарушается, и они перестают существовать как относительно замкнутые, дискретные системы с положительным балансом органического вещества и энергии.

Нашими исследованиями было установлено, что длительное сельскохозяйственное использование торфяных почв ведет к заметному снижению содержания кальция и магния. В корнеобитаемом (0,4 м) слое торфа содержание Ca^{2+} снизилось в 1,6 раза, Mg^{2+} – в 1,3 раза (табл. 2).

Таблица 2

Содержание обменных оснований в торфяной почве на среднем торфе (Ернякуль), мг-экв. на 100 г почвы

Глубина, м	Кальций		Магний	
	Перед закл. опыта	Через 31 г.	Перед закл. опыта	Через 31 г.
0–0,2	0,30	0,20	0,16	0,20
0,2–0,4	0,40	0,24	0,16	0,05
0,4–0,6	0,20	0,39	0,16	0,22
0,6–0,8	0,30	0,22	0,11	0,19
0,8–1,0	0,30	0,20	0,11	0,06

Проведенный анализ показал, что в пределах зоны физико-химические показатели торфа связаны с геоморфологическими условиями залегания болот. Торфяные почвы на среднем торфе в северной лесостепи характеризуются слабокислой реакцией среды, относительно высокой гидролитической кислотностью, высокой емкостью поглощения, сравнительно низкой степенью насыщенности основаниями (табл. 3).

Таблица 3

Физико-химические свойства торфяных почв (Решетниково)

Почва	Глубина, м	рН _{сол.}	Г.К.	S	Степень насыщенности основаниями, %
			мг-экв. на 100 г почвы		
Торфяная на среднем торфе	Перед закладкой опыта				
	0–0,2	5,9	28,1	86,7	75,5
	0,2–0,4	5,4	29,5	77,2	72,4
	Через 13 лет				
	0–0,2	5,1	34,9	72,0	67,3
	0,2–0,4	5,3	31,7	75,5	70,4
	Через 23 года				
	0–0,2	5,8	26,6	–	–
	0,2–0,4	5,4	25,9	–	–
Торфяная на мелком торфе	Перед закладкой опыта				
	0–0,2	7,0	23,0	159,0	92,4
	0,2–0,4	6,0	22,7	131,7	85,3
	Через 23 года				
	0–0,2	6,4	20,9	–	–
	0,2–0,4	6,2	21,8	–	–
Торфянисто-глеевая	Перед закладкой опыта				
	0–0,2	7,5	5,5	142,0	96,3
	0,2–0,4	7,4	4,3	–	–
	Через 23 года				
	0–0,2	6,0	3,3	46,0	93,4
	0,2–0,4	6,5	0,6	20,0	97,0

Торфянисто-глеевые почвы, напротив, имеют слабощелочную реакцию и низкую гидролитическую кислотность, высокую емкость поглощения и степень насыщенности основаниями. Торфяные почвы на мелком торфе занимают промежуточное положение между описанными выше.

При экстенсивном использовании осушаемых земель их физико-химические свойства изменяются незначительно. Это особенно заметно последние десять лет, когда перестали применять минеральные удобрения.

Существенное влияние на физико-химические показатели торфянисто-глеевой почвы оказывает припахивание подстилающей минеральной породы (табл. 4).

Таблица 4

Физико-химические свойства торфянисто-глеевой почвы при различной глубине вспашки, (Решетниково)

Вариант	Глубина, м	рН _{сол.}	Г.К.	S	Степень насыщенности основаниями, %
			мг-экв. на 100 г абсолютно сухой почвы		
Вспашка на 0,22 м	Перед закладкой опыта				
	0–0,2	7,5	5,5	142,9	96,3
	Через 23 года				
	0–0,2	6,0	3,26	46,0	93,4
	0,2–0,4	6,5	0,61	20,0	97,0
Вспашка на 0,37 м	Перед закладкой опыта				
	0–0,2	7,5	5,5	142,9	96,3
	Через 23 года				
	0–0,2	5,9	3,71	44,0	92,2
	0,2–0,4	6,2	1,46	45,0	93,8

Припахивание 0,15-метровой подстилающей породы через 23 года приводит к увеличению обменной кислотности в пахотном слое на 1,5 ед. рН (с 7,5 до 5,9), снижению степени насыщенности основаниями на 2,9 % и гидролитической кислотности на 3,0 %.

Выводы

1. Физико-химические свойства торфяных почв имеют временной характер и легко изменяются в зависимости от интенсивности сельскохозяйственного использования. При интенсивном сельскохозяйственном использовании торфяной почвы через 21 год в пахотном слое возрастает обменная и гидролитическая кислотность, снижается степень насыщенности основаниями с 84,5 до 64,8 %. В последующие годы (через 9 лет) при прекращении внесения минеральных удобрений и сокращении урожаев многолетних трав обменная и гидролитическая кислотность снижаются, степень насыщенности основаниями возрастает до 71,1 %.
2. Существенное влияние на изменение физико-химических показателей оказывает припахивание минеральной подстилающей породы у торфянисто-глеевой почвы. Так, при вспашке на 0,37 м снижается гидролитическая кислотность и степень насыщенности основаниями, возрастает обменная кислотность.
3. Для сохранения и поддержания плодородия торфяных почв необходимо обеспечить оптимальный способ их сельскохозяйственного использования.

Литература

1. Скрынникова И. Н. Почвенные процессы в окультуренных торфяных почвах. – М.: Изд-во АН СССР, 1961. – 285 с.
2. Донских И. Н., Иванова А. И. Изменение некоторых агрохимических свойств торфяных низинных почв южной части Северо-Запада РСФСР в первые годы освоения // Агрохимия. – М., 1978. – № 1. – С. 70–77.
3. Ефимов В. Б. Торфяные почвы и их плодородие. – Л., 1986. – 264 с.
4. Каретин Л. Н. Агрономическая оценка и сельскохозяйственное использование торфа в Тюменской области // Вопросы сельскохозяйственной мелиорации Тюменской области. – Тюмень, 1968. – С. 136–160.
5. Манокина Н. Н., Пашинская Л. А. Возделывание сельскохозяйственных культур на маломощном придонном торфянике при сложившемся режиме влажности // Сб. статей по вопросам мелиорации земель Западной Сибири. – Тюмень, 1972. – С. 83–92.

6. Моторин А. С. Плодородие торфяных почв Западной Сибири / Тюм. гос. с.-х. академия. – Новосибирск, 1999. – 284 с.
7. Телицын В. Л. Агрогенная эволюция и оптимальное использование почв болотных систем: автореф. дис. ... д-ра биол. наук. – Тюмень, 2002. – 30 с.
8. Скоропанов, С. Г., Брезгунов В. С., Окулик Н. В. Расширенное воспроизводство плодородия торфяных почв. – М.: Наука и техника, 1987. – 247 с.
9. Никонов, М. Н. Тр. ЦТБОС. – М., 1960. – Т. 1. – С. 91–103.

CHANGE OF PHYSICAL AND CHEMICAL PROPERTIES OF PEAT SOILS OF WESTERN SIBERIA AT AGRICULTURAL USE

A. S. Motorin, J. V. Sivkov

Before drainage development of peat soils and character of change of physical and chemical indicators are defined by natural factors, after greatest value get anthropogenous among which are allocated a drainage mode, character and terms of use of the reclaimed earths, agromeliorative actions.

ТОРФЯНЫЕ БОЛОТА – АККУМУЛЯТОРЫ И ИСТОЧНИКИ ПАЛЕОЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ

Н. К. Панова, Т. Г. Антипина

Ботанический сад УрО РАН, Екатеринбург, natapanova@mail.ru

На примере результатов исследования отложений Шигирского торфяного болота на Среднем Урале методами спорово-пыльцевого и ботанического анализа показано значение торфяных залежей как накопителей и хранителей информации об истории растительности и динамике экологических условий голоцена.

Современные болота Северной Евразии образовались в течение послеледникового периода – голоцена. Возраст самых древних из них, по радиоуглеродным данным, не превышает 12 тысяч лет [1]. Самые древние из исследованных нами торфяников на Урале имеют возраст около 10 тысяч лет и глубину до 8 м [2, 3, 4 и др.]. Растения болот, отмирая и накапливаясь год за годом, образуют торфяную залежь, которая аккумулирует в себе различные органические остатки, в том числе пыльцу и споры растений не только самого болота, но и окружающей территории. Во время цветения растений пыльца и споры разносятся ветром, перемешиваются в воздухе и оседают на поверхности почвы, болот, водоемов в виде так называемого «пыльцевого дождя», накапливаясь постепенно в формирующихся осадках в течение тысячелетий. В болотах, благодаря консервирующим свойствам торфа, анаэробным условиям среды, пыльца, споры и некоторые другие части растений сохраняются лучше, чем в минеральных отложениях. Поэтому болота, особенно верховые, обладающие кислой средой, являются хранителями наиболее полной информации об истории растительности голоцена.

Одним из основных методов извлечения этой информации является спорово-пыльцевой (палинологический) анализ. Оболочки пыльцевых зерен и спор имеют характерные морфологические особенности, что позволяет идентифицировать их с определенным видом, родом или семейством растений. Анализируя послойно образцы торфа под микроскопом на содержание пыльцы и спор, можно проследить, как менялся состав окружающей региональной растительности за время формирования торфяной залежи. Поскольку все растения обладают определенными биологическими свойствами и экологическими требованиями, то по изменению состава растительности мы можем судить об изменении внешних условий, в частности климата. При реконструкциях динамики растительности и климата голоцена широко используется принцип актуализма, т. е. аналогия с современными взаимосвязями «растение – среда», так как принято считать, что в течение голоцена флора не претерпела существенных эволюционных изменений, а структура растительного покрова подчинялась закону широтной зональности.

Образцы для анализов отбираются в живых торфяниках с помощью ручного торфяного бура, в осушенных – из зачищенной стенки шурфа или обнажения. Частота отбора зависит от строения разреза и целей исследования. Чем чаще отобраны образцы, тем более подробную информацию мы получаем. Для наибольшего извлечения пыльцы и спор проводится лабораторная обработка образцов с помощью специальных методик [5, 6]. Совокупность пыльцы и спор, выделенная из одного образца и выраженная в процентном соотношении составляющих ее компонентов, образует спорово-пыльцевой спектр. Сходные по составу спектры соседних образцов объединяются в спорово-пыльцевые комплексы.

По результатам анализа строится спорово-пыльцевая диаграмма. В настоящее время это делается с помощью специально разработанных компьютерных методик. На диаграмме в соответствии со спорово-пыльцевыми комплексами выделяются палинозоны.

Реконструкция растительности по ним проводится с учетом особенностей формирования спорово-пыльцевых спектров, продуктивности, дальности разлета, способности к сохранению в осадках пыльцы и спор отдельных видов и родов растений. Выделенные палинозоны, с учетом имеющихся радиоуглеродных датировок абсолютного возраста отложений, сопоставляются с общепринятой схемой периодизации голоцена [1, с. 16]. Таким образом реконструируется динамика развития региональной растительности в течение голоцена. Стратиграфия разреза и ботанический состав торфа характеризуют процесс формирования осадков и развития самого болота.

В качестве наглядного примера представляем результаты спорово-пыльцевого и ботанического анализа отложений Шигирского торфяника, расположенного на восточном склоне Среднего Урала в подзоне южно-таежных сосновых лесов с елью [57°21' с. ш., 60°08' в.д.]. Торфяник образовался на месте обширного послеледникового водоема. Исследованный разрез представлен торфом (2 м), сапропелем (140 см) и подстилающей глиной (рис. 1).

На спорово-пыльцевой диаграмме выделяются следующие палинозоны:

1. **Зона трав и кустарничков** выделяется в придонных отложениях глины на глубине 345–350 см по преобладанию пыльцы трав – полыней (*Artemisia*), маревых (*Chenopodiaceae*), разнотравья – и карликовой березки (*Betula nana* type); единично присутствует пыльца сосны (*Pinus sylvestris*), лиственницы (*Larix*), ели (*Picea*), березы (*Betula sec. Betula*), эфедры (*Ephedra*). Палинозона отражает типичный позднеледниковый комплекс тундровой, степной и лесной растительности.

2. **Зона сосновых редколесий.** В верхнем слое глинистых отложений на глубине 335–345 см заметно увеличивается содержание пыльцы сосны на фоне уменьшения количества пыльцы трав и кустарничков, что, очевидно, связано с некоторым потеплением и распространением древесной растительности.

3. **Зона трав и кустарничков.** В нижнем слое сапропеля на глубине 325–335 см снова резко увеличивается количество пыльцы полыней, маревых, карликовых березок и уменьшается – сосны, что отражает новую волну похолодания.

4. **Зона господства лиственницы.** В слое розового сапропеля на глубине 295–325 см содержание пыльцы лиственницы достигает от 50 до 75 %, что на фоне все еще значительного количества пыльцы трав и кустарничков отражает растительность лиственничных редколесий с примесью ели и березы.

5. **Зона преобладания берез.** В слое бежевого сапропеля на глубине 265–295 см количество пыльцы лиственницы резко падает, а пыльца берез составляет более 50 % спектров. Появляется пыльца пихты, что свидетельствует о заметном потеплении. Пыльцевой комплекс характеризует растительность березовых лесов паркового типа с небольшой примесью ели и сосны.

6. **Зона березы и сосны.** В слое оливкового сапропеля на глубине 210–265 см заметно увеличивается количество пыльцы сосны, которая содержится здесь примерно в равном соотношении с березой. Появляется пыльца ильма (*Ulmus*), липы (*Tilia*), дуба (*Quercus*). Палинозона отражает произрастание смешанных сосново-березовых лесов с примесью ели, пихты и широколиственных древесных растений. Спектры свидетельствуют о значительно более теплом и мягком климате.

7. **Зона максимума сибирского кедра.** В нижней толще торфа на глубине 150–210 см резко уменьшается содержание пыльцы березы, увеличивается – ели, сосны, сибирского кедра (*Pinus sibirica*). Последняя здесь присутствует в максимальном количестве. Палинозона соответствует растительности хвойных елово-кедрово-сосновых лесов с небольшой примесью ильма, дуба, лещины (*Corylus*) в подлеске.

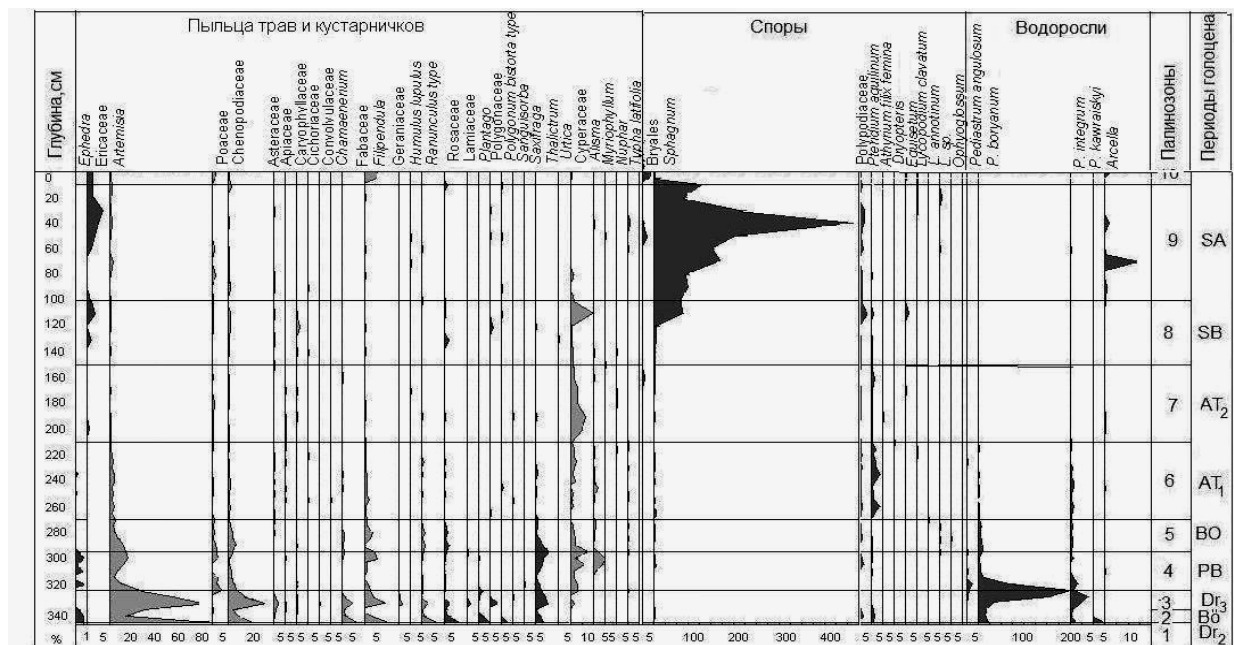


Рис. 1. Спорово-пыльцевая диаграмма Шигирского торфяного болота (Аналитик Н. К. Панова). Процентное содержание всех таксонов вычислено к сумме пыльцы деревьев и кустарников, принятой за 100%. Условные обозначения. 1–7 – виды торфа: 1 – древесно-осоковый, 2 – сосново-сфагновый переходный, 3 – сфагновый переходный, 4 – древесный переходный, 5 – осоковый низинный, 6 – тростниково-осоковый низинный, 7 – тростниковый; 8 – сапрпель; 9 – глина с дресвой

8. **Зона максимума ели.** В слое древесного торфа на глубине 100–150 см на фоне преобладания пыльцы сосны содержится максимальное количество пыльцы ели. Спектры характеризуют растительность кедрово-сосново-еловых лесов с примесью пихты, ильма, липы и умеренно-теплые и влажные климатические условия.

9. **Зона максимума сосны.** В верхней толще сфагнового торфа до 80 % спектров составляет пыльца сосны. Палинозона характеризует господство сосновых лесов с примесью сибирского кедра, ели, пихты, изредка с участием ольхи, липы, ильма.

10. **Зона березы.** В спектре поверхностного слоя преобладает пыльца берез, что отражает антропогенную смену хвойных лесов мелколиственными.

Сопоставление выделенных палинозон с глобальными климатическими изменениями в голоцене, схемой его периодизации и радиоуглеродной датировкой разреза позволяет отнести выделенные палинозоны к следующим периодам.

Палинозона 1 соответствует среднему дриасу (Dr-2), зона 2 – беллингу (Bö), зона 3 – позднему дриасу (Dr-3), зона 4 – предбореалу (PB), зона 5 – бореальному периоду (BO), зоны 6 и 7 – атлантическому периоду (AT), зона 8 – суббореальному (SB), зона 9 – субатлантическому (SA) и зона 10 – современному.

Результаты ботанического анализа торфа (рис. 2) демонстрируют динамику поэтапного заболачивания озера. Заращение начинается тростником (*Phragmites*) и другими водными и прибрежно-водными растениями: рогозом (*Typha*), рдестами (*Potamogeton*), кубышкой (*Nuphar*). Далее к ним присоединяются пушица (*Eriophorum*), вейник (*Calamagrostis*), различные виды низинных осок (*Carex*), хвощи (*Equisetum*). На образовавшемся слое торфа поселяется древесная растительность: сначала береза (*Betula*), затем ель (*Picea*) и сосна (*Pinus*). Значительное распространение сосны на болоте (гл. 90–130 см) обусловлено уменьшением его обводненности. Последующее расселение сфагновых (*Sphagnum*) и гипновых (*Polytrichum*) мхов свидетельствует об увеличении атмосферного увлажнения.

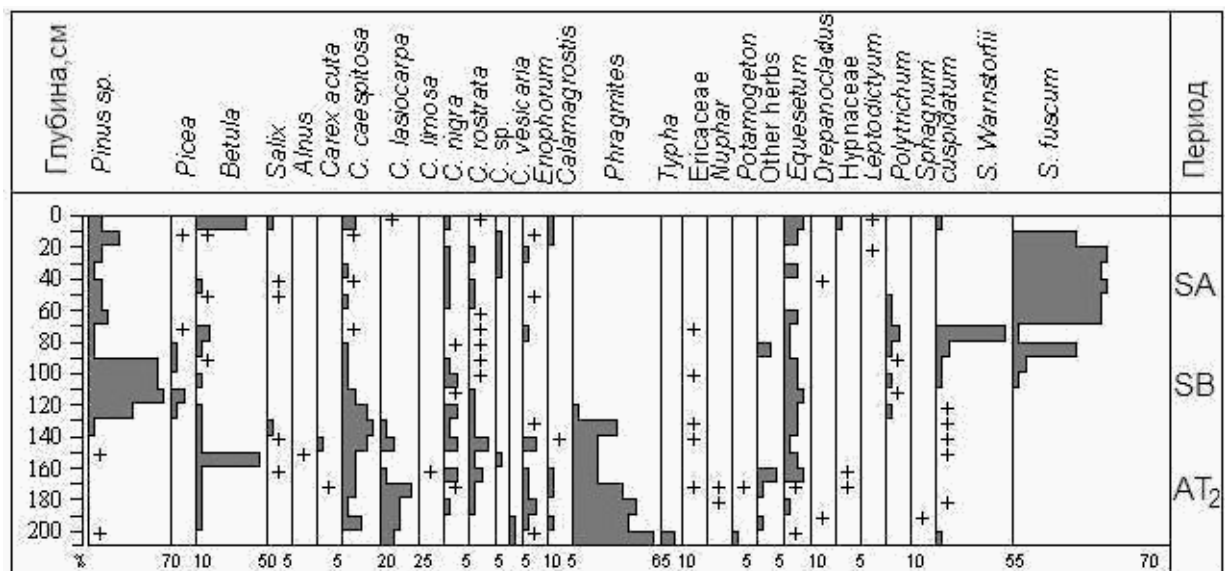


Рис. 2. Диаграмма ботанического состава торфа Шигирского болота (Средний Урал).
Аналитик Т. Г. Антипина

Таким образом, по результатам комплексного анализа установлены следующие смены растительности, природных условий и динамики осадконакопления.

В позднеледниковье на месте современного торфяника существовал холодный водоем, в котором накапливались глины и обитали лишь холодолюбивые водоросли (*Pediastrum kawraiskyi*, *P. integrum*). В окружающей растительности преобладали тундропо-

добные травяно-кустарниковые сообщества. С потеплением в предбореале в озере размножились зеленые водоросли (*Pediastrum boryanum*) и начали откладываться сапропели. Окружающие пространства стали заселяться древесной растительностью, прежде всего, лиственницей, за которой следовали ель и береза. В бореальном периоде преобладали березовые леса. Озеро начало зарастать с берегов водными растениями. В атлантическом периоде (климатический оптимум голоцена) произрастали смешанные хвойно-лиственные леса с участием широколиственных пород. В середине периода происходит заболачивание озера и начинается процесс торфообразования. После кратковременного сухого похолодания в начале, климатические условия в середине суббореала снова стали более влажными и теплыми, произрастали сосново-еловые леса с пихтой, липой, ильмом. С конца суббореального периода в растительности преобладают сосновые леса. На современном этапе увеличивается роль березы, что связано уже с антропогенным фактором и локальной растительностью на болоте.

Литература

1. Хотинский Н. А. Голоцен Северной Евразии. – М.: Наука, 1977. – 200 с.
2. Панова Н. К. История лесной и болотной растительности центральной горной провинции Южного Урала в голоцене (по данным спорово-пыльцевого анализа торфа): Автореф. дис. ... канд. биол. наук. – Свердловск, 1987. – 23 с.
3. Панова Н. К. История озер и растительности в центральной части Среднего Урала в поздне- и послеледниковое время // Охранные археологические исследования на Среднем Урале. – Екатеринбург: 2001. – Вып. 4. – С. 48–59.
4. Панова Н. К., Маковский В. И., Хижняк В. А. Итоги изучения болот и развития лесной растительности Висимского заповедника в голоцене // Исследования эталонных природных комплексов Урала: матер. научн. конф., посвященной 30-летию Висимского заповедника. – Екатеринбург: Изд-во «Екатеринбург», 2001. – С. 349–365.
5. Гричук В. П., Заклинская Е. Д. Анализ ископаемых пыльцы и спор и его применение в палеогеографии. – М.: ОГИЗ – Географгиз, 1948. – 224 с.
6. Палеопалинология. Т. I. – Л.: Недра, 1966. – 352 с.

PEAT BOGS AS ACCUMULATORS AND SOURCES OF THE PALEOECOLOGICAL INFORMATION

N. K. Panova, T. G. Antipina

The peat bogs proved to be extremely important accumulating and reserving information to the Holocene history of the vegetation and dynamics of ecological conditions. It is shown on the example of the research data by pollen and botanical analysis of the Shigirsky peat bog sediments on the Middle Urals.

ПРЕДСТАВЛЕНИЯ О СТРУКТУРЕ ТВЕРДЫХ ГОРЮЧИХ ИСКОПАЕМЫХ НА ОСНОВАНИИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ МЕТОДА ЭПР

С. Г. Прохоров

Чистопольский филиал «Восток» КГТУ им. А. Н.Туполева, г. Чистополь, psgr@mail.ru

Методом ЭПР показано, что парамагнетизм битумов обусловлен образованием ассоциатов, включающих соединения с одиночными ароматическими кольцами и водородными связями, синергический эффект взаимодействия которых способен придавать воскам и битумам ТГИ свойства полимеров с развитой системой сопряженных связей.

Парамагнетизм является неотъемлемым свойством твердых горючих ископаемых (ТГИ), следовательно, связан самым непосредственным образом с их структурой. Кроме того, неспаренные электроны, т.е. парамагнитные центры (ПМЦ) вследствие своей реакционной способности могут оказывать влияние на процессы химических превращений при переработке твердых топлив, поэтому знание механизма образования ПМЦ в ТГИ имеет принципиальное значение. Прямым и самым эффективным методом исследования веществ, содержащих неспаренные электроны, является электронный парамагнитный резонанс (ЭПР). Однако неоднозначность представлений о природе парамагнетизма как твердых топлив, так и извлекаемых из них битумов не позволяет достоверно интерпретировать экспериментальные данные, что препятствует практическому использованию метода ЭПР. Поэтому исследование парамагнитных свойств битумов, как неотъемлемой части всех ТГИ, представляется необходимым с позиций углубления знаний о структуре твердых горючих ископаемых в целом.

Объектами исследования были выбраны промышленные торфяной, буроугольный и полиэтиленовые воски, их смолы, а также ряд битумов, выделенных различными растворителями в лабораторных условиях. Химический состав торфяного и буроугольного восков широко исследован в работах [1–3]. В состав воска входят в основном высокомолекулярные алифатические насыщенные свободные кислоты и спирты, сложные эфиры, углеводороды. Содержатся также в небольшом количестве циклические углеводороды и спирты, в том числе стеринны, оксикислоты, α , β -ненасыщенные карбонильные и другие соединения. Таким образом, не установлено наличие молекулярных структур, ответственных за появление сигнала ЭПР, т.е. на основании данных химического анализа парамагнетизма в торфяном воске не должно быть. Поэтому возникает вопрос о природе сигнала ЭПР в торфяных восках и вообще в битумах твердых горючих ископаемых. Фактически он распадается на два вопроса. Первое – парамагнетизм битумов, и особенно промышленных восков, может быть обусловлен примесями; второе – он является их неотъемлемым свойством.

В качестве примесей могут выступать, в частности, семихинонные (СХ) радикалы, тем более что, как показано в литературе, экстракция битумов из твердых топлив может протекать через промежуточные радикалы семихинонного типа. Поэтому была проведена обработка ряда образцов спиртовой щелочью, поскольку семихинонные радикалы, как известно, стабильны лишь в щелочной среде. Из табл. 1 видно, что исходные образцы по ширине линии, g-фактору и параметру Δf резко отличаются от обработанных щелочью.

Параметры последних совпадают с литературными данными для бензосемихинонов, что свидетельствует о преобладании в битумах одиночных ароматических колец. Перевод семихинонной формы в Н-форму возвращает параметры сигнала ЭПР к исходным. Исследование формы линии ЭПР исходных образцов и семихинонной формы показало, что в исходных образцах на большой мощности СВЧ появляется второй более широкий сигнал ($\Delta H \sim 15$ Гс),

а в семихинонной форме он отсутствует (рис. 1). Таким образом, сигнал ЭПР в битумах нельзя объяснить семихинонными радикалами [4].

Таблица 1

Параметры спектров ЭПР исходных, СХ- и Н-форм восков, смол и битумов

Образец	$\Delta H_{0,1\text{МВТ}}, \text{ Гс}$	$\Delta H_{50\text{МВТ}}, \text{ Гс}$	g	$N, \cdot 10^{16} \text{ спин/г}$	$\Delta\phi, \text{ град}$
Бензольный битум					
Исходный	5,4	5,5	2,0038	14,7	50
СХ-форма	6,8	7,2	2,0044	140	80
Н-форма	5,5	5,5	2,0037	15,1	50
Торфяной воск					
Исходный	4,6	4,7	2,0035	2,6	55
СХ-форма	6,7	7,0	2,0046	14,0	85
Н-форма	4,6	4,6	2,0036	2,1	55
Смола торфяного воска					
Исходная	4,5	4,6	2,0034	4,2	55
СХ-форма	6,5	6,8	2,0047	25,2	85
Н-форма	4,6	4,7	2,0035	4,5	55
Этанольный экстракт					
Исходный	5,5	5,5	2,0035	0,65	60
СХ-форма	6,1	6,4	2,0046	10,4	85
Н-форма	5,7	5,7	2,0036	1,0	60
Буроугольный воск					
Исходный	6,0	6,0	2,0036	3,9	55
СХ-форма	7,6	8,4	2,0045	13,5	85
Н-форма	5,9	6,1	2,0035	3,8	55
Буроугольная смола					
Исходная	6,0	6,0	2,0035	5,1	55
СХ-форма	7,0	8,0	2,0046	29,5	85
Н-форма	5,7	5,9	2,0035	7,7	55
ПВО-30					
Исходный	8,0	–	2,0041	0,05	–
СХ-форма	7,9	8,8	2,0046	5,3	85
Н-форма	8,0	–	2,0040	0,05	–

Возникает вопрос – не обусловлен ли он примесью гуминовых кислот, как это считается в литературе. В работе [5] показаны формы линии ЭПР гуминовых кислот и ряда битумов. В гуминовых кислотах широкий сигнал сдвинут относительно узкого в сторону меньших значений постоянного магнитного поля, а в битумах – в сторону больших значений (рис. 1), причем разрешение сигналов в спектрах улучшается с ростом конденсированности (отношения С/Н). Аналогичный сдвиг широкого сигнала в сторону больших полей наблюдался и для нефтяных битумов. Данные сигналы обусловлены наличием двух неспаренных электронов, принадлежащих одному ассоциату: узкий сигнал – π -электроном, делокализованным внутри ассоциата, широкий – по менее конденсированной части или вне ассоциата. Различное направление сдвигов широкого сигнала относительно узкого свидетельствует о принципиальном отличии структуры битумов и гуминовых кислот. Одно из возможных объяснений – более высокое содержание кислорода внутри ассоциатов битумов по сравнению с их наружной частью.

Очевидно, что для решения вопроса о природе парамагнетизма, необходимо в первую очередь исследовать поведение сигнала ЭПР при различных воздействиях на битумы. Из табл. 2 видно, что при растворении битумов интенсивность сигнала ЭПР резко падает, ширина линии сужается, снимается насыщение сигнала СВЧ-мощностью (возрастает параметр $\Delta\phi$). С увеличением степени растворения (доли растворителя) наблюдается

монотонное уменьшение концентрации ПМЦ, которая рассчитана на долю сухого вещества, и уменьшение ширины сигнала ЭПР. Изменение концентрации ПМЦ максимально для бензольного битума, минимально – для бутилового. Вероятно, это связано с различной растворимостью исследованных образцов в хлороформе. Удаление растворителя полностью возвращает параметры сигнала ЭПР к исходным. Таким образом, интенсивность и параметры сигнала ЭПР зависят от фазового состояния битумов, следовательно, парамагнетизм битумов является их неотъемлемым свойством как твердого тела в целом. Более того, такая же тенденция наблюдается и для твердых сплавов торфяного воска с парафином (табл. 3). Эти результаты совпадают с данными для полимеров с «плоскостной» (ароматической) системой полисопряжения (ПСС).

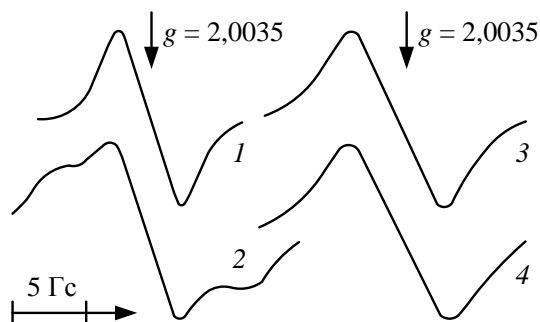


Рис. 1. Спектры ЭПР торфяного воска:
1,2 – исходный; 3,4 – CHCl_3 -форма; 1,3 – 0,1 мВт; 2,4 – 50 мВт

Таблица 2

Параметры спектров ЭПР битумов при растворении их в CHCl_3

Образец	ΔH , Гс	g	N , 10^{16} спин/г	$\Delta\phi$, град
<u>Торфяной воск : CHCl_3</u>				
1:0	4,6	2,0033	2,6	55
1:1	4,3	2,0033	1,4	85
1:4	4,0	2,0032	0,91	85
1:10	3,8	2,0032	0,66	85
<u>Бензольный битум : CHCl_3</u>				
1:0	5,4	2,0038	14,7	50
1:1	4,1	2,0034	5,44	85
1:4	3,2	2,0035	3,82	85
1:10	2,9	2,0034	2,35	85
<u>Амиловый битум : CHCl_3</u>				
1:0	4,2	2,0034	8,6	50
1:1	3,8	2,0034	6,8	80
1:4	3,6	2,0033	5,9	85
1:10	3,4	2,0033	4,4	85
<u>Бутиловый битум : CHCl_3</u>				
1:0	4,3	2,0034	20,8	50
1:1	4,0	2,0034	19,9	80
1:4	3,8	2,0033	18,5	85
1:10	3,6	2,0034	17,1	85
<u>Буроугольная смола : CHCl_3</u>				
1:0	6,0	2,0035	5,1	55
1:1	4,8	2,0034	4,8	80
1:4	4,5	2,0035	4,51	85
1:10	4,3	2,0035	4,08	85

Параметры спектров ЭПР сплавов торфяного воска с парафином

Образец	ΔH , Гс	g	$N_{\text{эксп.}} \cdot 10^{16}$ спин/г	$N_{\text{теорет.}} \cdot 10^{16}$ спин/г	$\Delta\phi$, град
Торфяной воск : парафин					
1 : 0	4,6	2,0033	2,6	2,6	55
10 : 1	4,6	2,0033	1,96	2,36	55
1 : 1	4,3	2,0033	0,70	1,30	60
1 : 10	4,2	2,0034	0,10	0,24	–

В таблице 3 представлены результаты экспериментальной $N_{\text{эксп.}}$ и теоретической $N_{\text{теорет.}}$ концентрации ПМЦ, где величина $N_{\text{теорет.}}$ рассчитана исходя из закона аддитивности. Из сравнения данных величин видно, что в данном случае этот закон не выполняется. Аналогичная закономерность была установлена как при фракционировании смолы торфяного воска [6], так и других более узких фракций торфяного воска, т.е. интенсивность сигнала ЭПР исходного образца выше суммарной интенсивности полученных из него фракций, что полностью согласуется с данными для ПСС [7]. Данный факт можно объяснить только изменением межмолекулярных взаимодействий.

Дальнейшие эксперименты показали, что для интенсивности и ширины линии ЭПР не выполняется закон Кюри при нагревании до $\sim 120^\circ\text{C}$ (рис. 2). Это также характерно для парамагнетизма ПСС, хотя битумы по своему химическому составу не имеют ничего общего с полимерами.

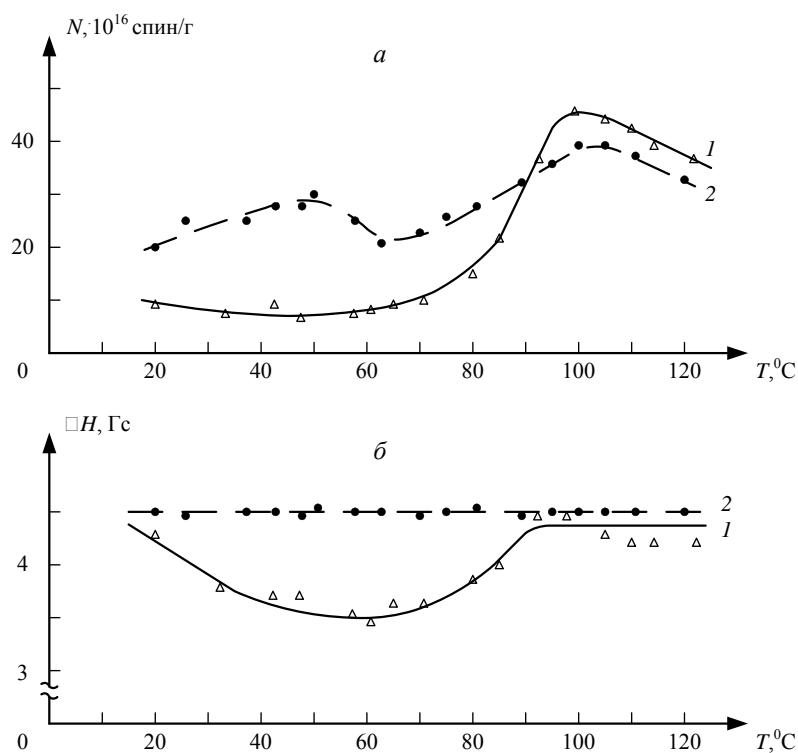


Рис. 2. Температурные зависимости интенсивности (а) и ширины линии (б) амилового (1) и бутилового (2) битумов

Парамагнитные ионы металлов (марганец, медь, железо), как известно, резко уменьшают регистрируемую интенсивность сигнала ЭПР, уширяют линию и снимают насыщение сигнала СВЧ-мощностью, что объясняется магнитным диполь-дипольным взаимодействием (табл. 4).

Параметры спектров ЭПР Ме-замещенных форм битума ДМФА (парамагнитные катионы)

Вид катиона	ΔH , Гс	g	$N, \cdot 10^{16}$ спин/г	$\Delta\phi$, град
Исходный битум ДМФА	4,4	2,0033	31,2	45
Mn	7,4	2,0033	1,2	90
Cu	5,5	2,0031	0,8	85
Fe	5,3	2,0031	1,0	85

Однако для полимеров с сопряженными связями и функциональными группами самым специфическим является влияние непарамагнитных ионов металлов на сигнал ЭПР [8]. Для битумов ТГИ были получены аналогичные результаты: одновалентные непарамагнитные катионы резко уменьшают интенсивность сигнала ЭПР битумов при сохранении всех остальных параметров (табл. 5); сорбция двухвалентных катионов приводит к резкому возрастанию интенсивности сигнала ЭПР, уширению и изменению g -фактора (табл. 6). Это объясняется появлением дополнительного сигнала, который четко виден в диапазоне 3 см для ионов свинца и уранила, а для металлов второй группы – в диапазоне 8 мм (рис. 3).

Таблица 5

Параметры спектров ЭПР комплексов торфяного воска и битума диметилформамидного (ДМФА) с одновалентными ионами металлов

Вид катиона	ΔH , Гс	g	$N, \cdot 10^{16}$ спин/г
Торфяной воск, исходный	4,6	2,0035	2,6
Li	4,6	2,0035	0,70
Na	4,6	2,0034	0,65
K	4,5	2,0035	0,52
Cs	4,5	2,0034	0,50
Битум ДМФА, исходный	4,4	2,0033	31,2
Li	4,4	2,0033	7,8
Na	4,4	2,0033	7,2
K	4,3	2,0033	6,8
Cs	4,4	2,0033	6,7

На наш взгляд, одновалентные катионы, связываясь с карбоксильными группами, о чем свидетельствуют данные ИК-спектроскопии, устраняют часть водородных связей, что уменьшает молекулярную жесткость и приводит к снижению уровня парамагнетизма. Двухвалентные катионы, напротив, увеличивают жесткость матрицы битумов, связываясь с двумя карбоксильными группами. Это способствует дополнительному разрыву π -связей, электроны которых частично локализуются на ионе металла, что приводит к зависимости параметров дополнительного сигнала от строения внешней оболочки катиона. Если последняя заполнена меньше, чем на половину (Pb^{2+} , UO_2^{2+}), то спин-орбитальное взаимодействие приводит к сдвигу дополнительного сигнала в сторону больших магнитных полей, т.е. уменьшению g -фактора. При этом проявляется корреляция величины отрицательного сдвига g -фактора с атомным номером катиона, что соответствует более сильному спин-орбитальному взаимодействию для тяжелых элементов (табл. 6). Если внешняя оболочка катиона заполнена более чем на половину (Mg^{2+} , Ca^{2+}), сдвиг

наблюдается в противоположную сторону (рис. 3, табл. 6). Десорбция ионов металлов приводит к восстановлению интенсивности и параметров спектров.

В литературе уровень парамагнетизма ПСС связывают с молекулярной жесткостью, однако прямых доказательств получено не было. В работе [5] представлены результаты исследования ряда образцов, выделенных из разных твердых горючих ископаемых различными растворителями. Четко прослеживается зависимость интенсивности сигнала ЭПР от отношения С/Н, т.е. содержания ароматических соединений. Таким образом, физический смысл имеет взаимосвязь уровня парамагнетизма со степенью ароматичности, а не содержанием углерода, как это считается в литературе, но это косвенное свидетельство. Прямым методом исследования молекулярной жесткости является метод спинового зонда, но для ПСС он не дал результатов, вследствие гибели в них нитроксильных радикалов. В этом отношении битумы твердых горючих ископаемых оказались уникальным объектом. В них регистрируется и собственный сигнал ЭПР и возможно наблюдение сигнала спинового зонда.

Таблица 6

Параметры спектров ЭПР Ме-замещенных битумов (непарамагнитные двухвалентные катионы)

Вид катиона	ΔH , Гс	g	$N, \cdot 10^{16}$ спин/г	$\Delta\phi$, град
<u>Исходный торфяной воск</u>	4,6	2,0035	2,6	55
Mg	4,7	2,0045	26,0	65
Ca	5,2	2,0043	20,8	65
Zn	5,2	2,0040	10,4	65
Cd	6,0	2,0040	28,6	65
Pb	13,0	2,0010	91,0	85
UO ₂	6,4	1,9955	49,7	85
<u>Исходный буроугольный воск</u>	6,0	2,0036	3,9	55
Mg	4,8	2,0045	27,3	65
Cd	6,2	2,0040	31,2	65
Pb	13,0	2,0010	78,0	80
<u>Исходный этанольный экстракт</u>	5,5	2,0035	0,65	60
Mg	4,8	2,0045	10,4	70
Ca	5,2	2,0043	7,8	70
Zn	5,2	2,0040	3,9	70
Cd	6,1	2,0041	13,0	70
Pb	12,8	2,0005	32,5	85
UO ₂	6,4	1,9955	17,6	90
<u>Исходный битум ДМФА</u>	4,4	2,0033	31,2	45
Pb	13,2	2,0015	158	75
UO ₂	6,4	1,9955	129	85

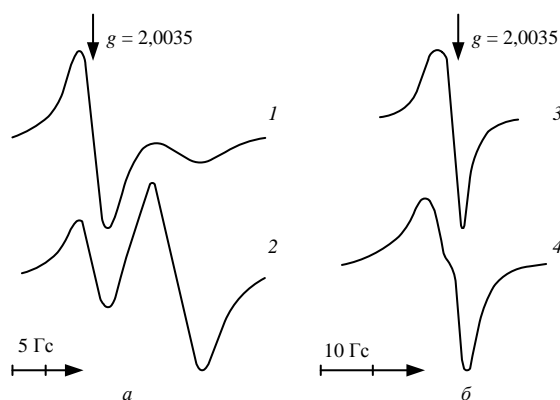


Рис. 3. Спектры ЭПР уранил-формы битума ДМФА (а) и Mg-формы торфяного воска (б):
1 – $H_1 = 0,1$ Гс; 2 – $H_1 = 1$ Гс; 3 – $\lambda = 3$ см; 4 – $\lambda = 0,8$ см

В работе [4] показано, что насыщенные углеводороды и неокисленные полиэтиленовые воски имеют высокую скорость вращения внедренного нитроксильного радикала. В пальмитиновой кислоте и окисленных полиэтиленовых восках скорость вращения зонда замедляется (рис. 4), причем в восках больше, что объясняется появлением небольшого количества ароматических соединений, о чем свидетельствует и наличие сигнала семихинонов (табл. 1).

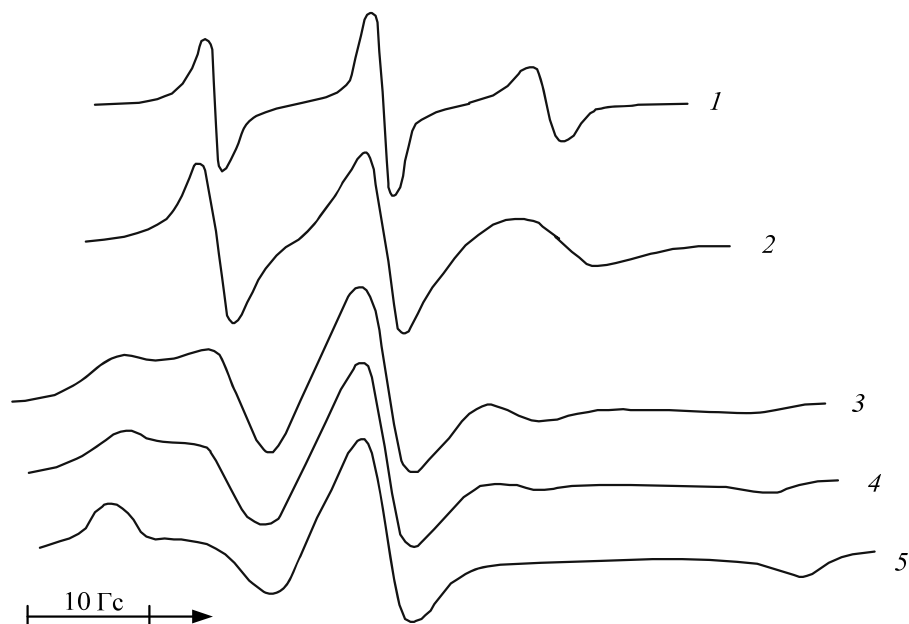


Рис. 4. Спектры ЭПР спинового нитроксильного радикала в матрице:
1 – неокисленного полиэтиленового воска; 2 – окисленного полиэтиленового воска;
3 – этанольном экстракте смолы торфяного воска; 4 – торфяного воска; 5 – бензольного битума торфа.

В битумах твердых горючих ископаемых появляется также и сигнал «медленного» вращения, причем относительная доля радикала в данной области возрастает с 75 % в этанольном экстракте до почти 100 % в бензольном битуме (рис. 4). Одновременно растет и концентрация ПМЦ (табл. 1). Медленное вращение радикала характерно для ароматических углеводородов при температурах ниже точки плавления. Из этих данных следует, что вся матрица битумов состоит, казалось бы, из ароматических углеводородов, что противоречит результатам химического анализа и ЯМР. Спектры ЯМР свидетельствуют, что в торфяном и буроугольном воске содержится всего 1–2 % ароматических соединений, в бензольном битуме не выше 5 %, причем хорошее разрешение в ароматической области свидетельствует о преобладании разделенных одиночных колец [5], в полном согласии с данными по семихинонным радикалам, о чем говорилось выше. Данное противоречие можно объяснить синергическим эффектом взаимодействия между небольшим количеством ароматических соединений и водородных связей. Оно способно придавать битумам свойства полимеров с системой сопряжения, несмотря на отсутствие в них фрагментов молекулярного полисопряжения. Представленные результаты имеют принципиальное значение и для понимания природы парамагнетизма твердых горючих ископаемых в целом.

Неспаренные π -электроны увеличивают реакционную способность как битумов, так и ТГИ ископаемых в целом, что необходимо учитывать при их переработке. Установлен факт исчезновения сигнала ЭПР при их внедрении в битумы, причем в количестве на порядок превышающем интенсивность собственного сигнала ЭПР. При этом собственный сигнал ЭПР в битумах сохраняется на неизменном уровне. Учитывая достаточно высокую

стабильность нитроксильных радикалов, можно сделать вывод, что неспаренные π -электроны инициируют реакции, например отрыва атома водорода нитроксильными радикалами. Только после реагирования самых активных групп атомов (π -связей), возможно в непосредственном окружении делокализованных π -электронов, нитроксильные радикалы начинают выступать в роли спинового зонда. Аналогичным образом неспаренные π -электроны могут влиять и на другие свойства битумов, увеличивая, в частности, их биологическую активность [9].

Выводы

1. Установлено, что вклад семихинонных радикалов в парамагнетизм восков и битумов доминирует только в щелочной среде, при этом параметры сигнала ЭПР семихинонных радикалов совпадают с известными для мономерных бензосемихинонов. Для исходных битумов парамагнетизм является неотъемлемым их свойством, при этом поведение сигнала ЭПР аналогично полимерам с системой сопряжения, несмотря на отсутствие фрагментов молекулярного полисопряжения.
2. Установлена симбатная зависимость между молекулярной жесткостью битумов и уровнем собственного парамагнетизма, что позволяет по новому подойти к пониманию природы парамагнетизма твердых топлив.
3. Характер влияния внедряемых ионов металлов на спектры ЭПР восков и битумов идентичен наблюдаемому для олигомеров с системой полисопряженных связей и функциональными группами и определяется валентностью, строением внешней электронной оболочки и магнитными свойствами катиона. Аналогичные результаты получены и для самих твердых горючих ископаемых.
4. Парамагнетизм битумов обусловлен образованием ассоциатов, включающих соединения с одиночными ароматическими кольцами и водородными связями, синергический эффект взаимодействия которых способен придавать воскам и битумам ТГИ свойства полимеров с развитой системой сопряженных связей. Предложенная концепция имеет принципиальное значение и для понимания проблемы парамагнетизма твердых топлив в целом.
5. Неспаренные π -электроны могут инициировать реакции отрыва атома водорода нитроксильными радикалами и влиять другие свойства битумов, в частности, на их биологическую активность.

Литература

1. Белькевич П. И., Голованов Н. Г., Долидович Е. Ф. Битумы торфа и бурого угля. – Минск: Наука и техника, 1989. – 127 с.
2. Белькевич П.И., Голованов Н. Г., Долидович Е. Ф. Химия экстракционных смол торфа и бурого угля. – Минск: Наука и техника, 1985. – 168 с.
3. Белькевич П.И., Голованов Н. Г. Воск и его технические аналоги. – Минск: Наука и техника, 1977. – 232 с.
4. Стригуцкий В.П., Прохоров С. Г., Белькевич П. И. и др. О связи собственного парамагнетизма высокомолекулярных систем с молекулярной жесткостью // Доклады АН СССР. – 1984. – Т. 278. – № 4. – С. 930–933.
5. Белькевич П. И., Прохоров С. Г., Стригуцкий В. П. Сравнительный ЭПР-спектральный анализ битумов и гуминовых кислот // Доклады АН БССР. – 186. – Т.30. – № 10. – С. 929–932.
6. Белькевич П. И., Зубко С. В., Юркевич Е. А. и др. Исследование химического состава нерастворимой в ацетоне фракции смолы торфяного воска // Известия АН БССР. Сер. хим. наук. – 1986. – № 6. – С. 88–92.
7. Любченко Л. С, Черепанова Е. С., Стригуцкий В. П., Луковников А. Ф. Механизм возникновения парамагнитных центров в природных высокомолекулярных образованиях // Химия твердого топлива. – 1985. – №5. – С. 14–27.

8. Лиогонький Б. И., Лиштван И. И., Любченко Л. С. Роль непарамагнитных ионов металлов в формировании парамагнетизма сорпаяженных структур // Доклады АН СССР. – 1986. – Т. 288. – № 6. – С. 1411–1416.
9. Лиштван И. И., Стригуцкий В. П., Долидович Е. Ф. и др. О связи парамагнетизма и биологической активности природных низкомолекулярных образований // Журнал физической химии. – 1990. – Т. 64. – № 9. – С. 2493–2497.

THE IDEAS OF SOLID COMBUSTIBLE FOSSILS (SCF) STRUCTURE ON THE BASIS OF EPR METHOD EXPERIMENTAL DATA

S. G. Prohorov

It is shown by EPR method that bitumens paramagnetism is determined by associates, including compounds with single aromatic rings and hydrogen bonds formation, which synergetic interaction term is able to attach SCF waxes and bitumens properties of polymers with developed system of conjugated bonds.

РАСТИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ *IN VITRO* ДЛЯ ТЕСТИРОВАНИЯ БИОЛОГИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ ПРЕПАРАТОВ ИЗ ТОРФА

О. А. Рожанская

Сибирский научно-исследовательский институт кормов Россельхозакадемии, Новосибирск,
olgarozhanska@yandex.ru

*Представлены тест-системы на базе культуры растительных тканей *in vitro* для определения общей биологической активности, а также дифференцированного тестирования ауксиновой и цитокининовой активности препаратов из торфа. Показана возможность быстрого и точного определения направлений их использования в качестве стимуляторов роста в растениеводстве и заменителей фитогормонов в биотехнологии растений.*

Торф является практически неограниченным источником дешёвого сырья для производства высокоэффективных удобрений и стимуляторов роста растений [1–3]. Для тестирования биологической активности новых торфяных препаратов применяются растительные системы *in vitro*. Эти тест-системы по сравнению с рулонной культурой и полевым опытом обладают более высокой чувствительностью и возможностью контроля факторов внешней среды.

Известно, что культура изолированных растительных тканей *in vitro* практически невозможна без применения экзогенных регуляторов роста – фитогормонов. Чаще всего используются вещества, принадлежащие к двум типам фитогормонов: ауксины, способствующие увеличению размеров клеток, и цитокинины, вызывающие их деление. Типичная схема гормонального контроля органогенеза описана Скутом и Миллером [4] на примере каллуса табака: образование побегов стимулируется при условии преобладания концентрации цитокинина по отношению к ауксину, тогда как обратное соотношение способствует образованию корней. Эта модель приемлема для большинства видов растений; при этом концентрации гормонов широко варьируют и для каждого вида или сорта определяются эмпирически.

Нами разработаны методы определения биологической активности новых стимуляторов роста растений с помощью культуры стеблевых узлов рапса, люцерны, эспарцета, сои, нута *in vitro*. Некоторые растительные системы в силу определённых генетических особенностей могут служить тест-объектами для дифференцированного определения разных типов биологической активности. Так, в культуре тканей рапса (*Brassica napus* L.) индукция каллусообразования на листовых эксплантах начинается после добавления в питательную среду ауксина, а регенерация побегов из листовой каллусной ткани требует введения в среду цитокинина. Заменяя нужный фитогормон изучаемым препаратом, мы тестируем на первом этапе активность ауксинового типа, на втором – цитокининового [5].

Методика. Тест-система «культура почек *in vitro*». Экспланты стеблевых узлов или почек асептических растений пассируют для развития и укоренения на агаризованные питательные среды с минеральной основой Гамборга В5 [6] половинной концентрации (1/2В5). В контрольном варианте фитогормоны отсутствуют, в экспериментальные среды перед автоклавированием добавляют изучаемый препарат в разных дозах. В качестве тест-функций используются показатели морфогенеза: частота образования побегов и корней, высота побега, число листьев и корней, длина корней.

Тест-система «калусообразование в культуре листовой ткани рапса *in vitro*» для определения ауксиновой активности. Экспланты листьев асептических растений рапса помещают на агаризованные питательные среды с минеральной основой Мурасиге-Скута (MS) [7]. В контрольном варианте присутствует ауксин 2,4-Д в дозе 1 мг/л, в экспериментальные

среды перед автоклавированием добавляют изучаемый препарат в разных дозах. Тест-функциями являются: частота образования каллуса, объём или масса каллусной ткани.

Тест-система «регенерация побегов в каллусной ткани рапса in vitro» для определения цитокининовой активности. Экспланты листового каллуса помещают для регенерации на агаризованные питательные среды с минеральной основой MS. В контрольном варианте присутствует цитокинин БАП в дозе 1 мг/л, в экспериментальные среды перед автоклавированием добавляют изучаемый препарат в разных дозах. Тест-функции: частота образования побегов и корней, высота побега, число листьев и корней, длина корней.

Продолжительность тестирования *in vitro* 2–4 недели независимо от времени года. Для обеспечения стабильных результатов необходим строгий контроль освещённости (2 тыс. лк при 16-часовом фотопериоде) и поддержание постоянной температуры. Опыты имеют 3 повторности во времени, объём выборки в каждом варианте составляет 20–30 эксплантов. Достоверность различий средних оценивается с помощью критериев статистики.

Новый биостимулятор ТТС произведен в лаборатории агроэкологии ТГПУ из низинного торфа. Он представляет собой водный раствор высокомолекулярных веществ с концентрацией ГК 0,0875%. Структурные особенности препарата представлены в виде спектральных коэффициентов (ОН/С=C – 0,87; С=О/С=C – 0,97; Салк/С=C – 0,85; ОН/Салк – 1,02; С=О/Салк – 1,14). Количество парамагнитных центров $3,1E+16$ спин/г.

Результаты. *Тест-система «культура почек рапса in vitro».* Стеблевые узлы ярового рапса инкубировали 20 суток при температуре 21°C. Под действием препарата ТТС, введённого в питательную среду в дозе 0,5 мл/л, возрастала высота побегов рапса, увеличивалось число листьев на побеге, число и длина корней (рис. 1). Менее активное стимулирующее действие ТТС на рост и развитие побегов отмечено в дозе 1 мл/л. Увеличение дозы до 10 мл/л привело к значительному снижению высоты побегов, частоты ризогенеза, количества и длины корней.

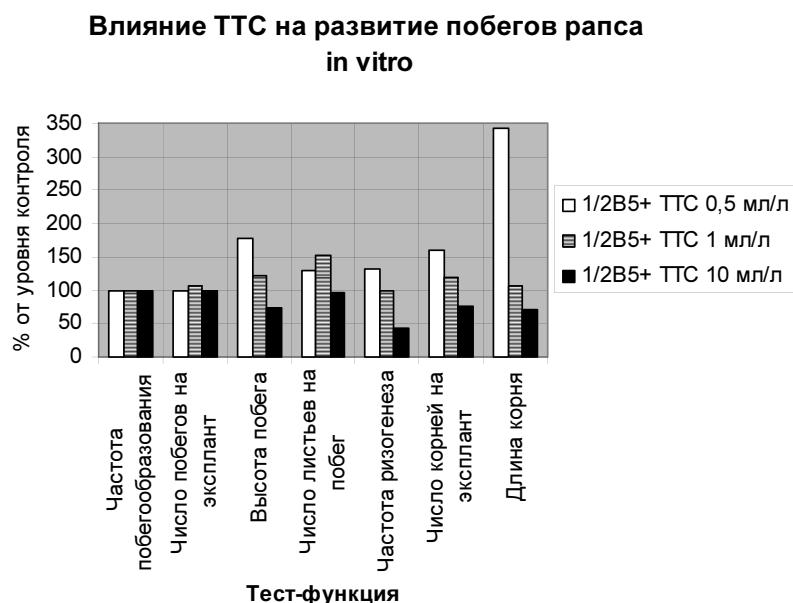


Рис. 1. Результат определения биологической активности торфяного препарата ТТС с помощью тест-системы «культура почек рапса in vitro» (контроль 100 % – на среде 1/2B5 без добавок)

Стеблевые узлы нута инкубировали 4 недели при температуре 28°C (табл. 1). Препарат ТТС, введённый в питательную среду в дозе 1 мл/л, способствовал увеличению высоты побегов нута, числа листьев на побеге, частоты ризогенеза, количества корней. В дозе 0,5 мл/л эффект ТТС был слабым, а доза 10 мл/л ингибировала рост побегов и корней.

**Результат определения биологической активности торфяного препарата ТТС
с помощью тест-системы «культура почек нута *in vitro*»**

Показатель морфогенеза	1/2B5 контроль	1/2B5+ TC 0,5 мл/л	1/2B5+ TC 1 мл/л	1/2B5+ TC 10 мл/л
Число побегов на эксплант	1,0	1,1	1,0	1,1
Высота побега, мм	34	36	39*	26*
Число листьев на побег	2,9	2,7	3,1	2,6
Частота ризогенеза, %	25	30	45*	20
Число корней на эксплант	2,0	1,8	2,4*	1,3*
Длина корня, мм	2,7	1,3*	1,9*	0,4*

Примечание: разница средних арифметических с контролем достоверна на 5 % уровне.

*Тест-система «листовая ткань рапса *in vitro*».* Экспланты листьев рапса на контрольной среде за 25 суток культивирования почти все сформировали каллусную ткань (табл. 2), при этом её развитие в среднем составило 2,7 балла по 4-балльной шкале, и каждый третий эксплант был полностью покрыт каллусом (4 балла).

Добавки ТТС в дозах от 0,5 до 5 мл/л в присутствии 2,4-Д снизили активность каллусообразования: почти половина эксплантов имели едва заметную каллусную ткань (1 балл), и ни один не был покрыт каллусом полностью. Очевидно, препарат ТТС ингибировал пролиферацию каллусных клеток. Вариант опыта с исключением ауксина 2,4-Д показал, что ТТС в дозе 1 мл/л за 25 дней инкубации вызвал увеличение площади листовых эксплантов в 3–4 раза, но не проявил способности к индукции каллусогенеза.

Таблица 2

**Результаты определения ауксиновой биологической активности торфяного препарата ТТС
с помощью тест-системы «каллусообразование в культуре листовых тканей рапса *in vitro*»**

Показатель морфогенеза	MS+2,4-Д 1 мг/л (контроль)	MS+2,4-Д 1 мг/л + ТТС 0,5 мл/л	MS+2,4-Д 1 мг/л + ТТС 1 мл/л	MS+2,4-Д 1 мг/л + ТТС 5 мл/л	MS + ТТС 1 мл/л
Частота каллусообразования, %	95	100	95	95	0*
Развитие каллуса, балл	2,7	1,7*	1,7*	1,8*	0*

Примечание: разница средних арифметических с контролем достоверна на 5 % уровне.

*Тест-система «регенерация побегов в каллусной ткани рапса *in vitro*».* Полученную в предыдущих опытах листовую каллусную ткань пассировали на питательные среды MS для регенерации: стандартную с цитокинином БАП 1 мг/л (контроль), с добавками ТТС и исключением цитокинина для проверки цитокининовой активности препарата. За 30 суток инкубации объём каллуса увеличился в 10–20 раз (табл. 3), началось образование побегов (стеблевой морфогенез) и корней (ризогенез). Добавки препарата ТТС в дозе 0,5 мл/л привели к снижению пролиферации каллуса.

Таблица 3

**Результаты определения цитокининовой биологической активности торфяного препарата ТТС
с помощью тест-системы «регенерация побегов в каллусной ткани рапса *in vitro*»**

Показатель морфогенеза	MS+БАП 1 мг/л (контроль)	MS+БАП 1 мг/л + TC 0,5 мл/л	MS+ TC 0,5 мл/л	MS+ TC 5 мл/л	MS+ TC 10 мл/л
Объём каллуса, см ³	1,8	1,5	1,5	2,0	-
Частота регенерации, %	15	30*	0*	6*	25*
Частота ризогенеза, %	10	25*	90*	100*	100*
Число корней на эксплант	4,5	5,2	4,2	3,3	-
Длина корня, мм	5	12*	11*	12*	-

Примечание: разница средних арифметических с контролем достоверна на 5 % уровне.

На средах без цитокинина в варианте с ТТС 0,5 мл/л отсутствовала регенерация побегов, но многократно увеличилась частота ризогенеза. В дозе 5 мл/л ТТС проявил способность к индукции стеблевого морфогенеза рапса с небольшой частотой, в этом варианте каллус был более опушенным, а частота образования корней достигла 100%. Добавка ТТС в дозе 10 мл/л в отсутствие БАП индуцировала регенерацию побегов с более высокой частотой, чем на контроле. Таким образом, результатами опыта доказана цитокининовая активность препарата ТТС. Кроме того, препарат ТТС показал себя более активным стимулятором корневого морфогенеза, чем БАП.

Обсуждение. Анализ экспериментальных данных говорит о высокой биологической активности препарата ТТС, способствующего ускорению и повышению эффективности микроклонального размножения растений. Эффективная доза для стимуляции роста дифференцированных органов рапса – 0,5 мг/л, нута – 1 мг/л.

Тестирование препарата в регенерационной системе рапса продемонстрировало отсутствие специфической ауксиновой активности, индуцирующей дедифференцировку клеток. К тому же препарат ингибировал рост каллусной ткани на средах для каллусообразования и регенерации.

С другой стороны, ТТС индуцировал регенерацию побегов рапса из каллусной ткани в отсутствие цитокинина, что доказывает его высокую биологическую активность цитокининового типа. Доза ТТС 10 мл/л с успехом может заменить цитокинин БАП, применяемый в концентрации 1 мг/л для регенерации рапса. Кроме того, ТТС оказался хорошим стимулятором ризогенеза. В дозе 0,5 мл/л на фоне БАП 1 мг/л препарат способствовал увеличению частоты ризогенеза в 2,5 раза при значительном росте числа и длины корней.

Выводы

1. Тестирование препарата ТТС с помощью тест-систем «культура почек рапса и нута *in vitro*» выявило биологическую активность, способствующую достоверному ускорению ризогенеза, роста побегов и корней. Эффективные дозы не превышали 1 мл/л.
2. Исследование ауксиновой активности препарата ТТС в тест-системе «каллусообразование в культуре листовых тканей рапса *in vitro*» показало полное отсутствие способности к индукции дедифференцировки.
3. Исследование препарата ТТС в тест-системе «регенерация побегов в каллусной ткани рапса *in vitro*» продемонстрировало его высокую биологическую активность цитокининового типа. Препарат в дозе 5–10 мл/л индуцировал регенерацию побегов даже в отсутствие цитокинина, и при этом активнее, чем БАП, стимулировал корневой морфогенез рапса.

Литература

1. Инишева Л. И. Рациональное использование торфяных ресурсов России как фактор устойчивого развития // Мат-лы междунар. науч.-практ. конф. (12–15 марта 2003 г.). – Томск, 2003. – С. 27–41.
2. Горювая А. И., Орлов Д. С. Гуминовые вещества. – Киев: Наукова думка, 1995. – 303 с.
3. Юдина Н. В., Писарев С. И., Саратиков А. С. Оценка биологической активности гуминовых кислот торфов // Химия твердого топлива. – 1996. – №5. – С. 31–34.
4. Skoog F., Miller C. O. Chemical regulation of growth and organ formation in plant tissues cultured *in vitro* / Simp. Soc. Exptl. Biol. – 1957. – No 11.
5. Рожанская О. А., Юдина Н. В., Ломовский О. И., Королев К. Г. Влияние регуляторов роста растительного происхождения на морфогенез рапса *in vitro* // Сиб. вестник с.-х. науки. – 2003. – № 2.
6. Murashige T., Skoog F. A revised medium for rapid growth and bio assays with tobacco tissue cultures // Physiol. plant. – 1962. – Vol.15. – P. 473–497.

7. Gamborg O. L., Miller R. A., Ojima K. Nutrient requirement of suspension cultures of soybean root cell // Exp.Cell Res. – 1968. – Vol. 50. – P. 151–158.

**VEGETABLE SYSTEMS IN VITRO
FOR TESTING THE BIOLOGICAL ACTIVITY PREPARATION FROM PEAT**

O. A. Rozhanskaya

The Presented test-systems on the base of the culture vegetable fabric in vitro for determination of the general biological activity, as well as differentiated testing auksin and citokinin to activities preparation peat.

РЕГУЛЯТОРНОЕ ВЛИЯНИЕ КОРМОВОЙ ДОБАВКИ ГУМИНОВОЙ ПРИРОДЫ НА ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ СОСТОЯНИЕ ОРГАНИЗМА ПРОДУКТИВНОЙ ПТИЦЫ

Л. М. Степченко, Е. А. Лосева, М. В. Скорик, Е. В. Гончарова,
Л. И. Галузина, Т. В. Семидетная

Днепропетровский государственный аграрный университет, Украина, stepchenko@rambler.ru

Представлены результаты применения гуминовой кормовой добавки «Гидрогумат» в рационе цыплят-бройлеров, страусят и кур-несушек в конце продуктивного периода. Установлено, что Гидрогумат при введении его в оптимальной дозе оказывает положительное действие на функциональное состояние организма птицы. Благодаря этому повышаются среднесуточный прирост и сохранность поголовья молодняка птицы, а у кур-несушек – уровень яичной продуктивности.

Введение. Функционирование организма животных и птицы, прежде всего, обусловлено наличием в их рационе питательных веществ, а также биологически активных веществ, действие которых направленно на улучшение, коррекцию и регуляцию метаболизма. Кроме того, интенсивность роста и развития молодняка птицы определяется уровнем их генетической информации. Но, учитывая современные технологии выращивания, которые применяются в птицеводстве, генетический потенциал не всегда успевает реализовываться. Этот аспект обуславливает необходимость использования биологически активных веществ, действие которых направленно на получение большего количества экологически чистой биологической продукции. Известно, что у страусят возрастом от 2-х до 60-ти дней достаточно низкая устойчивость к стрессовым факторам окружающего среды. В этот «критический период» при промышленном выращивании страусов на сельскохозяйственных фермах регистрируется наиболее низкий показатель сохранности поголовья [9], в связи с чем необходимо использовать адаптогены и иммуномодуляторы, которые безопасны для молодняка продуктивной птицы. Кроме того, продолжительное клеточное содержание кур-несушек, особенно в конце продуктивного периода, приводит к снижению функциональных возможностей организма птицы, что является причиной резкого снижения уровня яйценоскости [1]. Учитывая этот аспект, возникает необходимость введения в рацион несушки биологически активных веществ, действие которых направленно на улучшение функционального состояния истощенного организма птицы вследствие высокого уровня продуктивности. Доказано, что биологически активные вещества, основу которых составляют гуминовые кислоты и их соли, обладают широким спектром действия на организм животных [7, 8, 10, 11].

Поэтому, целью нашей работы было изучить регуляторное влияние биологически активной кормовой добавки «Гидрогумат» (ТУ У 15.7-0049367-001:2007) на функциональное состояние продуктивной птицы – цыплят-бройлеров, страусят и кур-несушек.

Материалы и методы исследований. Исследования проводили в условиях птицефабрик и хозяйств Днепропетровской области: ЗАО «Птицекомбинат «Днепровский» (цыплята-бройлеры), АОЗТ «Агро-Союз» (страусята), ЧПФ «Агроцентр» (куры-несушки). В каждом из хозяйств формировали контрольную и опытную группы. Птице опытной группы в кормосмесь или питьевую воду добавляли исследуемую кормовую добавку в оптимальной дозе. Эффективность действия гуминовой кормовой добавки оценивали по уровню продуктивности и функциональному состоянию организма птицы. Из показателей, дающих представление о функциональном состоянии, определяли содержание гемоглобина, количество эритроцитов, гематокритный показатель крови, содержание общего белка и его фракций, активность аланинаминотрансферазы, аспартатаминотрансферазы и гамма-глутамилтранспептидазы, лизоцимную и бактерицидную активность

сыворотки крови и содержание различных классов иммуноглобулинов в ней по общепринятым методикам. Полученные результаты обрабатывали статистически с использованием t-критерия Стьюдента.

Обсуждение результатов. На фоне введения Гидрогумата в рацион цыплят-бройлеров, страусят, а также кур-несушек в пределах физиологической нормы улучшаются морфо-функциональные показатели крови (табл. 1), что имеет положительный значение относительно функциональных и защитных возможностей организма.

Таблица 1

Морфо-функциональные показатели крови продуктивной птицы на фоне действия Гидрогумата ($M \pm m$, $n=6-10$)

Показатель	Цыплята-бройлеры		Страусята		Куры-несушки	
	контроль	опыт	контроль	опыт	контроль	опыт
Количество эритроцитов, Т/л	$1,66 \pm 0,05$	$2,26 \pm 0,09^{***}$	$1,53 \pm 0,04$	$2,16 \pm 0,11^{***}$	$2,42 \pm 0,06$	$2,94 \pm 0,11^{***}$
Содержание гемоглобина, г / л	$67,2 \pm 0,13$	$82,6 \pm 0,31^{**}$	$101,67 \pm 3,83$	$172,83 \pm 4,19^{***}$	$78,89 \pm 1,49$	$95,83 \pm 1,16^{***}$
Гематокрит, %			$34,00 \pm 1,17$	$33,50 \pm 1,00$	$31,33 \pm 1,12$	$31,33 \pm 1,35$

Примечание: * $p < 0,05$; ** $p < 0,01$; *** $p < 0,001$ к контрольной группе.

В крови цыплят-бройлеров, которым Гидрогумат давали вместе с водой, было отмечено достоверное повышение в пределах физиологической нормы содержания гемоглобина и количества эритроцитов на 22,9 ($p < 0,01$) и 36,1% ($p < 0,001$) соответственно. В периферической крови страусят, получавших кормовую добавку также с водой, эритроцитарная масса и содержание гемоглобина превышали таковые показатели у страусят контрольной группы соответственно на 41,2 % ($p < 0,001$) и 69 % ($p < 0,001$). Следует отметить, что в крови кур-несушек в конце продуктивного периода при применении Гидрогумата в составе кормосмеси достоверно повышались содержание гемоглобина и количество эритроцитов в равной степени – на 21,5 ($p < 0,001$) по сравнению с кровью птицы контрольной группы.

Улучшение морфо-функциональных показателей крови, как у молодняка, так и у взрослой птицы является свидетельством действия Гидрогумата на процесс синтеза гемоглобина. Повышенная интенсивность этого процесса положительно сказывается на дыхательной функции крови, что обеспечивает насыщение организма кислородом и выведение из него углекислого газа. Кроме этого, исследуемая кормовая добавка оказывает влияние на выведение в периферическую кровь дополнительного количества эритроцитов, что тоже является важным в отношении трофической функции крови. Наряду с указанными изменениями относительно содержания гемоглобина и количества эритроцитов в крови птицы, Гидрогумат достоверно не оказывает влияния на гематокритный показатель крови, что указывает на функциональную стабильность красного костного мозга и гомеостатическое равновесие водно-солевого обмена.

При введении Гидрогумата в рацион цыплят-бройлеров в их сыворотке крови увеличивалось содержание иммуноглобулинов в среднем на 18 % ($p < 0,01$). Такое изменение происходило за счет преимущественного увеличения содержания Ig G, который отвечает за антитоксическую, противобактериальную и противовирусную антигенную активность, и незначительного увеличения Ig M, который отвечает в организме за первичный иммунный ответ. Так, Гидрогумат обуславливает существенный рост факторов гуморального иммунитета в организме цыплят-бройлеров, улучшает их защитные функции. При этом улучшается приспособительная способность организма птицы к различным факторам внешней и внутренней среды, что положительно отражается на продуктивных качествах и сохранности.

Кроме того, гидрогумат при введении его в рацион молодняка птицы улучшает аминокислотный баланс путем воздействия на уровень свободного аминного азота в сыворотке крови опытных цыплят бройлерного типа. Снижение этого показателя в пределах

физиологической нормы свидетельствует о положительном аминокислотном балансе в организме птицы за счет возможного улучшения процессов усвоения аминокислот из корма, а также активации их транспорта в ткани и органы.

Использование в рационе цыплят-бройлеров Гидрогумата способствовало увеличению средней массы тела цыпленка в конце срока выращивания на 10,2 % ($p < 0,05$) по сравнению с контрольной птицей. В опытной группе цыплят-бройлеров регистрировали более высокий среднесуточный прирост массы и несколько меньшие затраты корма на килограмм прироста массы по сравнению с контрольной группой. Сохранность поголовья птицы в опытной группе была выше на 2,5–3,5 % ($p < 0,05$) по отношению к контролю.

С возрастом у продуктивной птицы происходит ослабление физиологических возможностей их организма. Не исключением является и антиоксидантная система. В результате этого активируются процессы перекисного окисления липидов, продукты которого негативно влияют на состояние клеточных мембран, а также на функциональную способность организма животных в целом. Антиоксидантная система защиты имеет существенное влияние на функциональное состояние организма птицы, а также тесно связана с системой крови, прежде всего с её морфо-функциональными показателями. Одним из важнейших элементов её по ряду факторов является антиоксидантная система эритроцитов, основным фактором которой является глутатион и его цикл [4].

Активность ферментов глутатионного цикла в эритроцитах крови кур-несушек второй фазы яйценоскости под влиянием гидрогумата приведена в таблице 2.

Таблица 2

Активность ферментов глутатионного цикла в эритроцитах крови кур-несушек под влиянием гидрогумата ($M \pm m$; $n = 6$)

Группа	Глутатион-пероксидаза, мкмоль / (мин · ч Hb)	Группа глутатион-редуктаза, мкмоль / (мин · ч Hb)	Глутатион-S-трансфераза, мкмоль / (мин · ч Hb)
Контрольная	859,42 ± 26,989	3,18 ± 0,125	10,95 ± 0,281
Опытная	528,40 ± 36,819***	6,05 ± 0,256***	5,24 ± 0,394***

Примечание: * $p < 0,05$ ** $p < 0,01$; *** $p < 0,001$ к контрольной группе.

При ведении в рацион кур-несушек кормовой биологически активной добавки «Гидрогумат» отмечено снижение в их эритроцитах активности глутатионпероксидазы и глутатион-S-трансферазы соответственно в 1,6 ($p < 0,001$) и 2,1 раза ($p < 0,001$) и повышение активности глутатионредуктазы в 1,9 ($p < 0,001$) по сравнению с соответствующими показателями несушек контрольной группы. При этом содержание восстановленного глутатиона в эритроцитах крови кур опытной группы было меньшим на 45,8 % ($p < 0,001$), чем у контрольной птицы. Высокий уровень активности глутатионпероксидазы на фоне высокого содержания восстановленного глутатиона в эритроцитах кур контрольной группы по сравнению с птицей опытной группы свидетельствует об интенсивном обезвреживании продуктов перекисного окисления липидов (ПОЛ), что является субстратом для ГП, при интенсивном их образовании, что закономерно для стареющих клеток. Достоверное снижение активности ГП на фоне низкого содержания GSH в эритроцитах кур опытной группы обусловлено низким содержанием метаболитов ПОЛ, что является следствием снижения интенсивности этих процессов в клетках организма птицы под действием гуминовых соединений. Так, подобную активность ГП можно считать положительным фактом функционального состояния эритроцитов за счет их обновления при участии красного костного мозга. Об этом свидетельствует также снижение активности Г-S-T, субстратом для которой являются эндогенные токсины и недоокисленные продукты, в эритроцитах кур опытной группы. При этом достоверно высокая активность глутатионредуктазы по отношению к контрольным показателям может быть обусловлена наличием субстрата – окисленного глутатиона (GSSG), образующегося в клетках вследствие детоксикации

продуктов ПОЛ с участием GSH, и направлена на поддержание в них высокого соотношения GSH / GSSG. Существенное преобладание этого показателя в крови кур опытной группы над контрольным показателем, в частности на 77,5 % ($p < 0,001$), является свидетельством соответствующего окислительно-восстановительного состояния эритроцитов, что обусловлено действием гуминовых веществ на систему их антиоксидантной защиты. Глутатионредуктаза участвует в восстановлении дисульфидных связей белков, что обуславливает проницаемость мембран и процессы окислительного фосфорилирования. В отличие от опытной птицы в эритроцитах кур контрольной группы снижение активности этого фермента может свидетельствовать о достоверном снижении уровня антиоксидантной защиты этих клеток. Этот факт может свидетельствовать об интенсификации процессов ПОЛ, метаболиты которого оказывают негативное влияние на структуру клеточной мембраны, а также снижении активности функциональных белков эритроцитов за счет блокирования их дисульфидных связей. Кроме того, содержание ТБК-активных продуктов в эритроцитах кур-несушек под действием исследуемой кормовой биологически активной добавки было более, чем в 1,5 раза ($p < 0,001$) меньше, чем данный показатель у кур контрольной группы, что указывает на низкий уровень интенсивности процессов ПОЛ в эритроцитах опытной птицы и положительно влияет на структуру клеточных мембран.

Наряду с этим, в сыворотке крови кур-несушек, которым в рацион вводили Гидрогумат, достоверно повышалась активность аланинаминотрансферазы на 50,0 % ($p < 0,05$), тогда как активность аспартатаминотрансферазы и γ -глутамилтранспептидазы снижались на 24,3 ($p < 0,05$) и 35,8 % ($p < 0,001$) соответственно в сравнении с контрольными показателями. Коэффициент Де Ритиса при этом у кур-несушек контрольной группы более чем на 50 % превышал этот показатель у кур опытной группы. Низкое значение коэффициента Де Ритиса и снижение активности гамма-глутамилтранспептидазы в сыворотке крови кур опытной группы свидетельствует о способности гуминовых веществ к гепатопротекторному действию.

Таким образом, применение в рационе кур-несушек в конце продуктивного периода гуминовой кормовой добавки «Гидрогумат» повышает уровень их продуктивности, что обусловлено улучшением функционального состояния организма птицы вследствие положительного действия гуминовых веществ на морфо-функциональные показатели крови и уровень метаболических процессов в печени.

Как известно, у страусят от момента вылупления и до 60-ти дневного возраста показатель сохранности может варьировать от 45-50 %. Уже после месяца ежедневного выпаивания страусят биологически активной кормовой добавкой «Гидрогумат» сохранность поголовья достоверно превышала показатель в контрольной группе на 14 % ($p < 0,01$), тогда как средняя масса тела 30-ти дневных страусят опытной группы превышала контрольный показатель на 30 % ($p < 0,01$). В конце эксперимента у птицы, которой добавляли Гидрогумат средняя масса тела и процент сохранности значительно улучшались по отношению к контролю. Так, показатель массы тела 60-ти дневных страусят в опытной группе был больше на 18,2 % ($p < 0,01$), чем средняя масса тела страусят контрольной группы. При сравнении процента сохранности, отметили, что у страусят, которым на протяжении 60-ти дней добавляли кормовую добавку «Гидрогумат» путем выпаивания, этот показатель был на 22 % ($p < 0,01$) выше аналогичного показателя в контрольной группе. Одновременно при указанных изменениях в динамике роста страусят было установлено, что биологически активная кормовая добавка «Гидрогумат» оказывает влияние на основные показатели гомеостаза. Ежедневное применение исследуемой кормовой добавки на протяжении 60-ти дней способствовало достоверному увеличению как общего количества эритроцитов, так и уровня гемоглобина в крови опытных страусят в среднем на 35 ($p < 0,001$)

и 50 % ($p < 0,001$) соответственно по отношению к показателям крови страусят контрольной группы. Этот факт можно объяснить более активными процессами насыщения организма кислородом и выведением из него углекислого газа. Кроме того, улучшение общей функциональной активности организма страусов может в дальнейшем оказывать влияние на формирование их продуктивных качеств. Отметим, что применение добавки не вызывает аллергической реакции, поскольку количественные характеристики лейкоцитарной формулы в крови страусят опытной группы не превышали физиологической нормы в сравнении с кровью птицы контрольной группы.

Применяя кормовую добавку «Гидрогумат» при выращивании страусят с суточного возраста, установили, что даже после семидневного ее введения в рацион средняя масса одного страусенка была на 1,8 %, а сохранность поголовья – на 4,6 % выше по сравнению с контролем. После двухнедельного применения Гидрогумата как средняя масса одного страусенка, так и сохранность поголовья превышали контрольные показатели на 9,1 ($p < 0,05$) и 12,6 % ($p < 0,05$) соответственно. А уже через месячный срок введения гуминовой кормовой добавки соответствующие показатели были на 24,8 ($p < 0,01$) и 40 % ($p < 0,001$) выше относительно контрольной птицы. Приведенные результаты свидетельствуют об эффективности применения кормовой добавки «Гидрогумат» к рациону страусят. Следует отметить, что положительное влияние биологически активной гуминовой кормовой добавки в динамике роста страусят становился более выраженным.

Таким образом, применение гуминовой кормовой добавки «Гидрогумат» в рационе молодняка птицы обеспечивает повышение среднесуточного прироста и сохранности поголовья, что обусловлено улучшением функциональных и защитных свойств организма.

Выводы. Гуминовая кормовая добавка «Гидрогумат» при использовании ее в основном рационе молодняка птицы и зрелых продуктивных кур обеспечивает увеличение выхода биологической продукции. Это связано с регуляторным влиянием гуминовых веществ на процессы метаболизма и морфо-функциональные показатели крови, как у молодняка птицы, так и кур-несушек в конце продуктивного периода. Кроме того, у цыплят бройлерного типа отмечено положительное действие гуминовой кормовой добавки на неспецифические факторы защиты, что обеспечивает формирование более высокого иммунного статуса организма.

Литература

1. Бычаев А. Г. Эффективность племенной оценки яичных кур по времени снесения первых 10 яиц с коррекцией на уровень яйценоскости за 60-68 недель жизни // Птахівництво: Міжвід. темат. наук. зб. – 2003. – Вип. 53. – С. 34–38.
2. Горячковский А. М. Клиническая биохимия. – Одесса: Астропринт, 1998. – 608 с.
3. Лабораторные методы исследования в клинике: Справочник / В. В. Меньшиков, Л. Н. Делекторская, Р. П. Золотницкая [и др.]; Под ред. В. В. Меньшикова. – М.: Медицина, 1987. – 368 с.
4. Кения М. В., Лукаш А. И., Гуськов Е. П. Роль низкомолекулярных антиоксидантов при окислительном стрессе // Успехи современной биологии. – 1993. – Т. 113. – Вып. 4. – С. 456–470.
5. Медицинские лабораторные технологии и диагностика: Справочник. Медицинские лабораторные технологии / Под ред. проф. А.И. Карпищенко. Т. 2. – СПб.: Интермедика, 1999. – 656 с.
6. Сахацкий Н. И. Научное обеспечение прогресса в птицеводстве Украины // Птахівництво: Міжвід. темат. наук. зб. – 2003. – Вип. 53. – С. 17–23.
7. Степченко Л. М. Механизмы формирования биопродукции у быстрорастущей птицы под влиянием препаратов гуминовой природы // Вісник Дніпропетровського державного аграрного університету. – 2005. – № 2. – С. 237–241.
8. Csicsor J., Toth A. Application possibilities of peat humic acids in veterinary practice // Moorthérapie 2000 / Peat Therapy on it's Way into the next Millennium. – Bad Kissinger (Germany), 2000. – P. 67–80.

9. Levy A, Perelman B., Waner T., Reference blood chemical values in ostriches (*Struthio camelus*).// Am. J. of vet. Research. – Vol. 50. – № 9. – 1989. – P. 1548–1550.
10. Panina O., Zilyakova T. Increase of productivity of farm animals with the help of oxidate, a peat humic preparation // Moorthérapie 2000 / Peat Therapy on it's Way into the next Millenium. – Bad Kissinger (Germany), – 2000. – P. 233–244.
11. Stepchenko L. Experience and prospects of using peat preparations in poultry farming. // Chemical, physical and biological processes in peat soils: Jokioinen, Finland. –1999. – P. 113–115.

REGULYATION INFLUENCE OF THE HUMIC PREPARATIONS ON FUNCTIONAL CONDITION OF THE ORGANISM OF HIGH PRODUCTIVE POULTRY

**L. M. Stepchenko, E. A. Loseva, M. V. Skorik, L. V. Goncharova,
L. I. Galuzina, T. V. Semidetnaya**

This paper presents the results of application of humic preparations used as feed additives in the rations for broilers chicks, Black African ostrich and also for laying hens in the second egg-laying stage. It has been revealed that the humic feed additives under study, provided their dosage is adequately adjusted, have positive effects to protective and functional capabilities in bird organisms. Owing to that, average daily gains in chicks are considerably increased, survival among young poultry stock is much better, and laying hens show higher egg production.

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ТОРФА И ПРОДУКТОВ НА ЕГО ОСНОВЕ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

В. Г. Сычев, О. А. Шаповал, Г. Е. Мерзлая, И. П. Можарова

ГНУ ВНИИ агрохимии им. Д. Н. Прянишникова, г. Москва, info@vniia-pr.ru

Приведены результаты исследований действия новых видов органических удобрений на основе торфа и регуляторов роста в агроценозах. Показана их роль в повышении урожайности различных культур и улучшении качества растительной продукции.

Введение. Торф – важнейший ресурс органического вещества, и, как показывает отечественный опыт, его как в экономическом, так и в экологическом отношении наиболее целесообразно использовать в сельском хозяйстве. Основными направлениями при этом являются: освоение торфяников для выращивания сельскохозяйственных культур; создание кормовых угодий сенокосного или комбинированного использования; применение торфа на удобрение в смеси с навозом, птичьим пометом и производство на его основе компостов, торфогрунтов, торфяных продуктов в прессованном или формованном виде. В данной статье показана эффективность агрохимических средств на основе торфа при выращивании ряда сельскохозяйственных культур.

Объекты и методы исследований. К объектам исследований относятся новые формы органических удобрений, производимые на основе торфа с помощью биоферментации, регуляторы роста растений, важнейшие сельскохозяйственные культуры – картофель, зерновые, подсолнечник. Исследования выполнялись в полевых опытах с использованием общепринятых методик.

Обсуждение результатов. Торф характеризуется высоким содержанием органического вещества и большой емкостью поглощения, содержит 1,5–3,5% азота (на сухое вещество), другие макро- и микроэлементы, необходимые для жизнедеятельности растений. Органическое вещество торфа наполовину представлено гуминовыми кислотами и углеводным комплексом, который в свою очередь может служить энергетическим материалом для почвенных микроорганизмов.

В сельскохозяйственной практике торф считают важным компонентом смесей при производстве удобрений путем биоконверсии органического сырья. В то же время в чистом виде торф, как правило, малоэффективен. Согласно обобщению результатов исследований ВНИИА и других научно-исследовательских учреждений, урожайность сельскохозяйственных культур (картофель, зерновые, многолетние травы) при использовании торфа на удобрение обычно повышается не более чем на 5–16 %, а стоимость прибавки урожая в 2–3 раза ниже, чем от компостов на его основе. Считается допустимым применение торфа в чистом виде, главным образом низинного, на легких почвах, но и в этих случаях урожайность культур в 2–3 раза ниже, чем при внесении компостов или торфяного навоза. В четырехлетних исследованиях ВНИИА установлено, что внесение куриного помета и торфопометных компостов (при соотношении компонентов 1:1) в эквивалентных по содержанию азота дозах под картофель обеспечивало равные прибавки урожая (табл. 1).

От одностороннего применения навоза или помета получена равная эффективность. В этих случаях урожайность картофеля увеличивалась на 29 % по отношению к контролю. Характерно, что внесение одного торфа было невыгодным, и прибавка не превышала 5 %.

В то же время добавление торфа к куриному помету при выращивании картофеля улучшало качество клубней, снижая в них содержание нитратов при сравнении с клубнями, сформированными в варианте одного куриного помета.

Таблица 1

Влияние удобрений на основе торфа и куриного помета на урожайность клубней картофеля

Варианты удобрений	Урожайность, ц/га	Прибавка урожая	
		ц/га	%
Контроль без удобрений	206	–	–
Помет, N300	265	59	29
Торф, N300	217	11	5
Навоз КРС, N300	265	59	29
Торфопометный компост (1,5:1), N300	256	50	25
Торфопометный компост (1:1), N300	266	61	29
Торфопометный компост (0,5:1), N300	274	69	33
Торфопометный компост (1:1), N150	240	43	21
Торфопометный компост (1:1), N450	282	77	37
NPK	247	41	20
NPK + торфопометный компост (1:1), N300	279	74	36

В последние годы торф используется при создании новых удобрений, в частности био- и вермикомпостов. Из новых органических удобрений наибольший агрономический интерес представляют биокомпосты, производимые в контролируемых условиях температуры, влажности и аэрации в специальных камерах-ферментерах ускоренным методом, т. е. в течение недели, в отличие от компостирования в естественных условиях длительно – в несколько месяцев.

О благоприятном химическом составе биокомпостов свидетельствуют данные химического анализа, приведенные в таблице 2. Результаты химического анализа показывают, что биокомпост из торфа и помета имеет высокое содержание основных питательных веществ: 3,9 % азота, 3,5 % фосфора, 1,2 % калия, или 86 кг NPK в расчете на 1 т сухого удобрения. Биокомпост характеризуется высоким содержанием органического вещества – 75,8 %, щелочной реакцией среды (рН 8,4), наличием необходимых для растений микроэлементов.

По обобщенным данным ВНИИ агрохимии, биокомпосты, в зависимости от перерабатываемого сырья, имеют благоприятную реакцию среды – рН 6,7–8,4, содержат в сухой массе 62–87 % органического вещества, 2–3 % общего и 1–2 % аммонийного азота, 1–3 % общего фосфора (P_2O_5) и 0,4–1,8 % общего калия (K_2O).

Наряду с макроэлементами, в компостах ускоренной ферментации содержатся важные для растений микроэлементы – медь, цинк, молибден, бор и др. В то же время содержание тяжелых металлов невысокое – кадмия 0,1–0,8 мг/кг, никеля 5–12 мг/кг, свинца 27–34 мг/кг, ртути 0,11 мг/кг на сухую массу, что значительно ниже ПДК (ОДК) для почв (ГН 2.1.7.2041-06; ГН 2.1.7.2042-06).

Прибавки урожая сельскохозяйственных культур от биоконверсируемых удобрений по отношению к неудобренному контролю находятся на уровне 20–30 %, а по отношению к исходному субстрату – 10–15 %. По данным других опытов ВНИИА, эффективность органических удобрений на основе торфа возрастает при использовании их совместно с минеральными удобрениями и мелиорантами, а также при локальных способах внесения.

Повышение урожайности и качества сельскохозяйственных культур требует наряду с выведением новых сортов разработки современной системы организационных

и агротехнических мероприятий, направленных на создание благоприятных условий для роста и развития растений, предотвращения гибели посевов от воздействия неблагоприятных факторов внешней среды, защиту растений от вредителей, болезней и сорняков, сокращение потерь при уборке урожая.

Таблица 2

Химический состав органических удобрений

Показатель	Биокомпост на основе торфа и помета	Вермикомпост на основе торфа и помета	Вермикомпост на основе торфа и навоза крупного рогатого скота
pH _{kcl}	8,4	5,5	7,4
Влажность, %	66,9	63,6	33,3
Сухое вещество, %	33,1	36,4	66,7
Содержание в сухом веществе			
Азот общий, %	3,9	1,3	0,87
Азот аммонийный (N-NH ₄), %	1,2	1,012	0,007
Азот нитратный (N-NO ₃), %	0,05		
Фосфор (P ₂ O ₅), %	3,5	2,7	0,9
Калий (K ₂ O), %	1,2	0,8	1,9
Органическое вещество, %	75,8	66,4	29,4
Зола, %	24,2	33,6	70,6
C/N	11	25	17
Медь, мг/кг	5	19	
Цинк, мг/кг	57	70	111
Кобальт, мг/кг	0,3		
Марганец, мг/кг	76		
Железо, мг/кг	328		
Кадмий, мг/кг		1,9	4,2
Никель, мг/кг		31	34
Хром трехвалентный, мг/кг		76	52
Свинец, мг/кг		34	25

Одним из способов стимуляции роста и развития растений, адаптации растений к неблагоприятным факторам внешней среды, повышения урожайности, качества продукции, а также устойчивости растений к болезням, ускорение созревания, облегчение механизированной уборки, является применение регуляторов роста. Поэтому их практическое использование в производстве продукции растениеводства приобретают особую актуальность.

С 1979 года ЦИНАО, а затем ВНИИА им. Д. Н. Прянишникова, является головной организацией по проведению регистрационных испытаний регуляторов роста растений, а с 2000 года и агрохимикатов, и определяет препараты, рекомендуемые для включения их в «Государственный каталог пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению на территории Российской Федерации». В 1996–2002 годах институтом были разработаны методики проведения регистрационных испытаний регуляторов роста растений и агрохимикатов. С 1996 года институтом разрабатываются технологии комплексного применения регуляторов роста, фунгицидов и минеральных удобрений при выращивании и хранении сахарной свеклы, картофеля, подсолнечника, яровой и озимой пшеницы, обе-

спечивающих значительное повышение урожайности и качества сельскохозяйственной продукции, уменьшение затрат труда, энергии и всех видов ресурсов, получение устойчивых урожаев даже в зоне рискованного земледелия.

Лабораторией регуляторов роста растений ВНИИ агрохимии им. Д. Н. Прянишникова было апробировано более 100 препаратов, из которых 40 включено в Государственный каталог пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению в сельскохозяйственном производстве на территории Российской Федерации.

Многолетние испытания гуминовых препаратов различного происхождения (торфяные, сапропелевые и др.) показали, что основой их эффективности является не только содержание действующего вещества – гуминовых кислот, но и комплекс всех питательных веществ, которые экстрагируются из сырья. Поэтому несомненный интерес в качестве сырья для получения гуминовых препаратов вызывают торф и сапропель.

Эффективность регуляторов роста и удобрений на основе гуминовых кислот основана на их способности взаимодействия как с растительными организмами, так и с почвой. Попадая в почву, гуматы улучшают ее структуру, стимулируют развитие основных групп микроорганизмов, образуют легкоусвояемые растениями комплексы с железом, фосфором и микроэлементами. Взаимодействуя с растениями, гуматы оказывают существенное влияние на снижение развития и распространения болезней.

Это дало основание для разработки комплексных технологий совместного применения регуляторов роста на основе гуминовых соединений, удобрений и средств защиты растений с пониженными нормами расхода последних на 25–50 % при выращивании зерновых культур, сахарной свеклы, подсолнечника и картофеля, позволяющих получать высокие прибавки урожая не только в оптимальных условиях, но и в условиях повышенного инфекционного фона и неблагоприятных климатических факторов, как в условиях устойчивого, так и рискованного земледелия без ущерба для фитосанитарного состояния растений и продуктивности культуры.

В хозяйствах Краснодарского края прибавка урожайности зерна озимой пшеницы на полях с применением технологии, в сравнении с контрольными, составила 2,5–8,7 ц/га, Адыгее – 2,2–3,7 ц/га, в условиях рискованного земледелия (Волгоградская область) – 2,4–9,4 ц/га. При этом следует отметить, что более высокая прибавка урожая (9,4 ц/га) отмечена при выращивании озимой пшеницы в более сложных агроклиматических условиях (сорт Донщина) в Волгоградской области. Прибавка в 6,6–8,7 ц/га отмечена в Курганинском районе (ЗАО «Ново-Алексеевское») Краснодарского края – в хозяйстве, поля которого расположены в Армавирском коридоре, в более суровых климатических условиях.

В 2009 г. была проведена биологическая и хозяйственная оценка комплексной технологии в сравнении с базовой на нескольких сортах картофеля в производственных условиях. Использование технологии позволило повысить устойчивость растений к неблагоприятным факторам внешней среды и увеличить урожайность на 10–20 %. Снижение норм расхода протравителя клубней и фунгицидов в период вегетации на 25–50 % к рекомендованным не ухудшало фитосанитарного состояния посевов.

В 2009 году в Краснодарском крае проводилось изучение регуляторов роста растений, бигус, карвитол, взрва на различном фоне минерального питания для предпосевной обработки семян и опрыскивания растений подсолнечника с целью стимуляции корнеобразования, повышения урожайности и устойчивости к заболеваниям (табл. 3).

Испытания показали, что максимальные приросты биомассы надземных органов растений подсолнечника в зависимости от изучаемых факторов получены при использовании препарата на основе гуминовых кислот – бигуса, создающего пролонгированное питание. Повышение иммунитета растений к болезням и неблагоприятным условиям среды, усиление их обеспечения элементами питания положительно сказалось

на формировании элементов структуры урожая, и как следствие повышения продуктивности (прибавка составила 1,4–3,6 ц/га или 8,3–20,1 %).

Таблица 3

Урожайность подсолнечника в зависимости от испытываемых препаратов и режима минерального питания

Вариант	Урожайность, ц/га	Прибавка к контролю	
		ц/га	%
Фон – N ₆₀ P ₂₀ K ₄₀			
Контроль	16,9	–	–
Вэрва. Обработка семян, 5 мл/т + опрыскивание растений 500 мл/га	18,3	1,4	8,3
Бигус. Обработка семян, 600 мл/т + опрыскивание растений 250 мл/га	19,0	2,1	12,4
Карвитол. Обработка семян, 25 мл/т + опрыскивание растений 200 мл/га	18,5	1,6	9,5
НСР ₀₅	0,8		
Фон – N ₁₂₀ P ₄₀ K ₈₀			
Контроль	17,9	–	–
Вэрва. Обработка семян, 5 мл/т + опрыскивание растений 500 мл/га	19,7	1,8	10,1
Бигус. Обработка семян, 600 мл/т + опрыскивание растений 250 мл/га	21,5	3,6	20,1
Карвитол. Обработка семян, 25 мл/т + опрыскивание растений 200 мл/га	20,6	2,7	15,1
НСР ₀₅	0,9		

Заключение. Полученные результаты экспериментальных исследований и их производственная проверка дали основание рассматривать применение биоферментируемых удобрений на основе торфа, а также регуляторов роста растений при оптимизации доз как важный прием повышения урожайности сельскохозяйственных культур и улучшения качественных показателей растениеводческой продукции.

EFFECT OF PEAT AND PEAT PRODUCTS IN AGRICULTURE

V. G. Sichev, O. A. Shapoval, G. E. Merzlaya, I. P. Mozharova, D. N. Pryanishnikov

Effects of peat, new organic fertilizers and peat products on crop productivity and yield quality are shown.

МИКРОЭЛЕМЕНТНЫЙ СОСТАВ ТОРФОВ БАКЧАРСКОГО БОЛОТА

В. А. Степанова, Н. Г. Коронатова

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

В статье представлены данные по содержанию микроэлементов в торфах трех болотных экосистем Бакчарского массива: транзитной мезоолиготрофной топи, рьяма и переходной между рьямом и данной топью экосистемой. Показано, что содержание микроэлементов в рьяме и переходной экосистеме значительно ниже, чем в топи. В ходе разложения торфа содержание большинства микроэлементов увеличивается в рьяме и уменьшается в топи и переходной экосистеме. Для железа, магния, стронция и марганца наблюдалась обратная картина.

Введение. Известно, что в живых организмах содержатся практически все химические элементы, присутствующие в земной коре, но кларки большинства из них малы. Наиболее изученными являются макроэлементы с содержанием $n \cdot 10^{-3}$ – $n \cdot 10$ %. Микроэлементы, содержание которых составляет менее $n \cdot 10^{-3}$ %, изучены в меньшей степени. При этом до сих пор нет данных о среднем содержании в живых организмах полутора десятков микроэлементов, и еще около 10 из них с достоверностью не обнаружены в живом веществе [1]. Торфяные залежи болот имеют биогенное происхождение, а основными торфообразователями на верховых болотах являются сфагновые мхи. Поэтому торфяные залежи наследуют элементный химический состав растений-торфообразователей, депонируя в себе значительную часть элементов.

Цель данной работы – установить микроэлементный состав разных торфов верховых болот Бакчарского комплекса, а также его изменение в ходе экспериментального разложения торфа.

Объекты и методы. Работа проводилась в болотных экосистемах Бакчарского болотного массива (56 с.ш. 82 в.д.), расположенных в пределах 500 м: транзитной мезоолиготрофной осоково-сфагновой топи (далее «топь»), краевой переходной к рьяму пушицево-сфагновой части этой топи (далее «переходная экосистема») и на сосново-кустарничково-сфагновом рьяме. Топь представляла собой выровненную обводненную поверхность, где уровень болотных вод находится в среднем на уровне 10 см. Нанорельеф переходной экосистемы включал крупные обводненные мочажины и кочки. Нанорельеф рьяма включал кочки и межкочья, уровень болотных вод был на уровне 20 см в межкочьях.

В каждой из данных экосистем был извлечен большой монолит торфа с глубины 40–60 см. Торф перебирался вручную для удаления крупных объектов: корневищ, кусочков древесины и т.п. Затем каждый вид торфа высушивался в сушильном шкафу при температуре 80°C. Для проведения эксперимента по разложению торфа высушенные образцы торфа помещались в капроновые или нейлоновые мешочки с размером ячеек 0,2–0,3 мм по 2 г и закладывались в торфяную залежь на глубину 5–10 см. Каждый вид торфа был помещен в ту болотную экосистему, где был изъят. В переходной экосистеме закладка производилась в мочажинах, в рьяме – на кочках. Ботанический состав торфов данных экосистем был следующим:

- а) рьям – 99 % остатки *Sphagnum fuscum*, степень разложения 5–10 %;
- б) переходная экосистема – 95 % остатки *Sphagnum fallax*, степень разложения 10–15 %;
- в) топь – 72 % остатки *Sphagnum fallax*, 16 % остатки *Carex rostrata*, степень разложения 15–20 %.

Содержание живых подземных органов сосудистых растений в торфах составило 1–12 %.

Отбор образцов был произведен через год и три месяца после закладки на рьяме и переходной экосистеме и через год – в топи. После отбора образцов определялась их степень разложения макроскопическим методом [2]. Изменение массы образцов торфа

определялось после высушивания и взвешивания. Определение элементного состава торфов проводилось масс-спектрометрическим методом с индуктивно связанной плазмой на базе лаборатории механизма и транспорта в геологии, Обсерватория Миди-Пириней, Тулуза, Франция. Актуальная кислотность болотных вод, определенная с использованием стеклянного хлор-серебряного электрода, составила 3,8; 4,0 и 4,8 в ряме, переходной экосистеме и топи соответственно.

Результаты и обсуждение. В результате проведения эксперимента по разложению торфа было установлено, что масса торфа на ряме уменьшается на 46 % за год и три месяца. Такое значительное уменьшение массы сопровождалось морфологическими изменениями и увеличением степени разложения отдельных участков торфа до 40–50 % [3]. В переходной экосистеме потери составили 29 % за этот же год и в топи – 10 % за год. При этом в данных экосистемах не наблюдалось морфологических изменений торфа и увеличения его степени разложения. В ходе разложения торфа на ряме были отмечено также увеличение содержания азота и калия, а также увеличение зольности в 1,4 раза. В топи наряду с небольшим увеличением зольности, наблюдалось некоторое увеличение концентрации кальция, магния и железа, но изменение содержания азота, фосфора и калия не произошло.

В табл. 1 представлены результаты анализа на содержание 44 элементов, 13 последних, указанных в таблице, – это биофильные элементы, которые в той или иной степени поглощаются растениями, а биофильность остальных мала, либо не доказана [1].

Состав торфов различался по своему элементному составу, при этом торфа ряма и переходной экосистемы были близки по содержанию микроэлементов, а в торфе топи содержание микроэлементов было в несколько раз выше, чем в торфе соседних экосистем (см. табл. 1). Увеличение содержания микроэлементов в топи, видимо, связано с транзитным характером экосистемы, в нее идет сток воды из окружающих болотных ландшафтов и происходит осаждение многих элементов из болотных вод на сорбционном барьере. После разложения образцов торфа в верхнем 10-см слое торфяного очеса их элементный состав изменился (см. табл. 1).

Уменьшение содержания таких элементов, как марганец и железо в ходе разложения на ряме, возможно, связано с их миграцией в переходную экосистему и транзитную топь, поскольку они подвижны в восстановительной обстановке. В переходной экосистеме эти элементы частично аккумулируются. Повышение содержания их в торфе связано также с разложением органики. В транзитной топи увеличение содержания марганца и железа при разложении несколько ниже, чем в переходной части. Это, возможно, связано с меньшей миграцией их с переходной части, чем в нее с ряма и с малой потерей органической части.

Содержание хрома, циркония и кобальта возрастает в разложенном торфе на ряме и в переходной экосистеме только за счет потери органического вещества при разложении, т.к. они не подвижны в восстановительной среде. Их потери в транзитной топи связаны с выносом с болотными водами за пределы болотного ландшафта.

В целом, на ряме концентрация большинства микроэлементов увеличивается, снижение наблюдалось только для бора, цинка, стронция и марганца, относящихся к элементам с высокой биофильностью. Концентрация мышьяка существенно не изменилась. В переходной экосистеме и топи наблюдалась противоположная картина, и концентрации микроэлементов уменьшились, особенно заметно в топи; в переходной экосистеме концентрации небольшого числа элементов изменились незначительно. В то же время концентрации некоторых элементов увеличились в этих двух экосистемах. Так, содержание стронция и марганца увеличилось в топи и переходной экосистеме, и в трех случаях из четырех – значительно. В переходной экосистеме, так же, как и в ряме, произошло увеличение содержания титана, хрома, рубидия, циркония и цезия, отмечено также увеличение содержания кобальта и цинка, что не наблюдалось в ряме.

**Микроэлементный состав торфов и его изменение в ходе эксперимента по разложению торфа,
мкг на г абсолютно сухого торфа**

Элементы	Рям		Переходная экосистема		Топи	
	Исходный торф	Торф после инкубации в течение 1г. 3м.	Исходный торф	Торф после инкубации в течение 1г. 3м.	Исходный торф	Торф после инкубации в течение 1г.
Ti	43,258	94,897	41,005	54,460	168,061	127,903
V	1,826	2,030	1,787	1,072	5,622	3,877
Cr	1,137	1,580	1,547	1,876	4,668	4,150
Rb	0,607	2,585	1,028	1,064	3,965	2,483
Zr	1,100	2,190	1,248	1,446	4,501	3,492
Cs	0,040	0,148	0,063	0,073	0,282	0,263
La	0,496	0,800	0,369	0,346	1,567	1,301
Ce	1,031	1,606	0,696	0,669	3,204	2,806
Sc	0,118	0,152	0,116	0,043	0,499	0,389
Ni	1,277	1,360	1,213	0,983	3,261	2,606
Ga	0,270	0,393	0,249	0,221	0,882	0,686
Y	0,360	0,526	0,241	0,223	1,062	0,840
Nb	0,198	0,299	0,247	0,148	0,753	0,419
Sb	0,288	0,374	0,360	0,147	0,895	0,661
Pr	0,129	0,189	0,080	0,076	0,370	0,333
Nd	0,452	0,720	0,334	0,278	1,407	1,266
Sm	0,104	0,146	0,055	0,048	0,283	0,253
Eu	0,019	0,034	0,014	0,007	0,072	0,053
Gd	0,086	0,131	0,055	0,055	0,280	0,242
Tb	0,012	0,017	0,009	0,006	0,035	0,030
Dy	0,070	0,096	0,045	0,037	0,217	0,184
Ho	0,015	0,020	0,010	0,007	0,035	0,031
Er	0,033	0,056	0,022	0,023	0,113	0,089
Tm	0,005	0,008	0,004	0,003	0,016	0,012
Yb	0,037	0,049	0,023	0,020	0,104	0,076
Lu	0,006	0,005	0,003	0,003	0,016	0,009
Hf	0,067	0,081	0,092	0,062	0,231	0,105
W	0,050	0,074	0,081	0,048	0,214	0,166
Tl	0,016	0,026	0,045	0,038	0,060	0,033
Cd	0,238	0,139	0,263	0,217	0,401	0,157
Bi	0,038	0,059	0,050	0,040	0,109	0,097
Th	0,096	0,129	0,101	0,067	0,387	0,036
U	0,040	0,062	0,036	0,035	0,137	0,124
Al	959,16	1408,30	800,49	749,29	2927,88	2396,28
Mg	483,56	348,71	301,20	571,44	527,67	631,42
Fe	918,76	802,53	647,85	860,92	2611,54	3369,03
Pb	5,177	6,859	8,110	6,771	11,914	11,113
Mo	1,217	1,506	1,977	0,544	1,617	1,482
Co	0,578	0,408	0,357	0,729	1,954	1,903
B	4,634	3,342	5,171	2,341	10,389	3,855
Ba	13,784	19,970	7,580	7,561	35,922	26,330
Cu	0,246	2,368	1,127	0,071	4,104	2,191
Zn	23,435	9,385	17,501	19,667	27,753	24,567
Sr	15,577	12,634	7,382	19,851	36,809	37,804
Mn	84,880	46,571	35,778	130,428	149,810	231,812
As	0,872	0,853	1,290	1,305	3,344	2,786

Литература

1. Перельман А. И., Касимов Н. С. Геохимия ландшафта: Учеб. пособие для геогр. и экол. спец вузов. 3-е изд. – М.: Астрель-2000, 1999. – 763 с.
2. Тюремнов С. Н. Торфяные месторождения. 3-е изд. – М.: Недра, 1976. – 488 с.
3. Коронатова Н. Г., Шибарева С. В. Изменение массы торфа в процессе его разложения на болотах Польши и Западной Сибири // Восьмое сибирское совещание по климатологическому мониторингу: Сб. мат-лов / Под ред. М.В. Кабанова. – Томск: Аграф-Пресс, 2009. – С. 247–249.

**COMPOSITION OF TRACE ELEMENTS
IN DIFFERENT PEATS OF BAKCHAR MIRE COMPLEX**

V. A. Stepanova, N. G. Koronatova

Data on trace elements composition of peats of three mire ecosystems of Bakchar complex (a transit poor fen, a raised bog and a margin ecosystem between the poor fen and the raised bog) are presented in the paper. Concentration of trace elements in the raised bog and the margin ecosystem is lower than in the poor fen. During the peat decomposition the content of the major number of these elements has increased in the raised bog and decreased in the poor fen and the margin ecosystem. The pattern of concentration change for Fe, Mg, Sr and Mn was the vice versa.

РОЛЬ ПОДЗЕМНЫХ ОРГАНОВ В КРУГОВОРОТЕ УГЛЕРОДА В БОЛОТНЫХ ЭКОСИСТЕМАХ

А. А. Титлянова

Институт почвоведения и агрохимии СО РАН, Новосибирск, argenta@issa.nsc.ru

Подземные органы в болотах вносят не менее 50–70 % в общую живую фитомассу и 40–60 % в чистую первичную продукцию (NPP). Подземные органы участвуют в торфообразовании в такой же доле как надземная фитомасса. В аэробной зоне процесс минерализации торфа в значительной степени компенсируется поступлением свежих порций фитомассы с растущими, а затем отмирающими корнями высших растений.

Сведения о запасах живых и мертвых подземных органов (корни, корневища, узлы кущения), их продукции и разложении в травяных экосистемах (степи и луга) подробно изложены нами ранее в серии статей и книг [1, 2, 3, 4].

О запасах и продукции подземных органов в болотных экосистемах известно довольно мало. Вален [5] определял фитомассу тонких и грубых корней цветковых растений в болотах Северной и Южной Швеции. Общая фитомасса подземных органов оказалась близкой в обоих болотах – 2700–2800 г/м². Доля грубых корней достигала 26 % в северном болоте и 35 % в южном. Основную массу составляли тонкие, мелкие корни.

Подобная же работа проводилась в Канаде [6] на серии болот от бедного фена до верхового кочковатого болота. Запас корней изменялся от 1200 г/м² (фен) до 2400 г/м² (верховое болото), а доля грубых корней колебалась от 0 до 86 %.

Данных о подземной продукции (BNP) болот еще меньше. Поскольку методы определения BNP были очень разными, то величины BNP весьма противоречивы: от 51 г/м²·год [7] до 560 г/м²·год [5]. В травяном осоковом болоте подземная продукция достигала 870 г/м²·год [8]. Такой разницей данных не позволяет оценить долю BNP от общей чистой первичной продукции (NPP) болота.

В наших работах мы пользовались единой методикой для определения запаса живых подземных органов в болотах и их продукции [9]. Основываясь на цитируемой работе, приведем данные о запасах живых подземных органов и их продукции в различных болотах.

Работы проводились в северной тайге Западной Сибири близ города Ноябрьска (63°30' N, 78°20' E) и включали следующие типы болот. Палса (болото на вечной мерзлоте) с двумя экосистемами – палса (мерзлый бугор) и олиготрофная мочажина; плоско-бугристое болото с экосистемами – бугор и мезотрофная мочажина, а также мезотрофный фен.

Величины запасов подземных органов и их продукции приведены в табл. 1. В общей живой фитомассе северных болот подземные органы составляют от 50 до 77 %, т.е. половину и больше. В продукционном процессе на долю корней и корневищ приходится от 37 до 66 % всей продуцируемой в течение года фитомассы.

Изучать на болотах продукционный процесс и оценивать чистую первичную продукцию, не принимая во внимание подземные органы, – это означает сделать работу лишь наполовину. Подземные органы, в особенности корни, участвуют в торфообразовании в такой же доле, как и надземная фитомасса болота.

Влияние корней растений включено в модель длительного накопления торфа [10]. Авторы напрямую смоделировали роль корней растений, которые поставляют как свежие растительные остатки, так и кислород на определенную глубину торфяного профиля. Вход мертвых корней в торфяную толщу происходит каждый год, и, отмирая, они добавляют разлагающийся материал во всю толщу торфа до глубины их проникновения.

Образуются некие «слои торфа», в которых к старой мертвой фитомассе, состоящей из поверхностных остатков, ежегодно прибавляется только что отмершая фитомасса корней.

Таблица 1

Запасы живой фитомассы (г/м^2 , сух.вес), и величины продукции ($\text{г/м}^2\cdot\text{год}$) в исследуемых болотах

Показатели	Повышенные элементы рельефа		Пониженные элементы рельефа		Мезотрофный фен в долине реки
	палса	бугор	олиготрофная мочажина	мезотрофная мочажина	
Общая фитомасса	1475±30	1830±22	650±9	1274±36	1339±27
Подземная фитомасса	817±26	1210±32	325±13	986±61	873±45
Процент подземной фитомассы от общей	55	66	50	77	65
NPP	559±56	653±59	354±21	697±21	959±99
BNP	293±21	239±18	143±17	405±26	634±114
Процент BNP от NPP	52	37	40	58	66

Примечание: данные приведены по [9].

Поверхностные слои торфа в зоне корней не только теряют массу в процессе минерализации, но и получают новую массу за счет отмирающих корней. Слои торфа, лежащие ниже зоны корней, теряют только массу. Следует также указать, что добавление свежих растительных остатков увеличивает способность к разложению старой массы, потому что свежая мертвая масса быстрее разлагается и стимулирует разложение старой.

Параметры модели, как указывают ее авторы [10], основываются на измерениях в поле и в лаборатории. Принято, что вход корневых остатков сосудистых растений составляет 0,2–0,3 кг/м^2 в год. Глубина проникновения корней ниже уровня стояния воды оценивается в 0,25–0,30 м. Модель рассматривает приведенную глубину как место наибольшего скопления корней и максимального круговорота, но не как границу проникновения корней, которая может лежать значительно ниже.

Для оценки разложения торфа и участия привноса свежего материала с растущими корнями был поставлен специальный опыт в Польше на пушицево-сфагновом болоте Пальмира, глубина которого всего 120 см. Мешочки с торфом (2 г на пробу) закладывались в толщу болота в специальные траншеи – на 30 см (аэробная зона) и 60 см (считалось, что на этой глубине царят анаэробные процессы). Оказалось, что корни пушицы проникают на глубину 60–70 см и по ходам корней в толщу торфа проникает кислород. Через различные промежутки времени часть мешочков извлекалась и их содержимое взвешивалось. Далее из пробы отбирались корни, выросшие со стороны в мешочек. Фракции корней и торфа (часть без видимых корней) взвешивались. Динамика массы торфа и корней позволила построить баланс углерода за год (табл. 2).

Колебания массы торфа в течение года обусловлены тремя процессами: проникновением корней в мешочек и их ростом, отмиранием корней с последующим их размельчением и минерализацией торфа. Прирост корней происходит активнее всего весной, когда начинают вегетировать растения – в мае, июне. Летом корни отмирают, частично минерализуются, частично измельчаются. При разборке пробы во фракцию корни относят лишь остатки, распознаваемые как корни. Измельченная часть корней визуально не отличается от торфа и остается во фракции торфа, пополняя тем его массу.

Процессы прироста, отмирания, разложения корней и перехода измельченной части в основную массу идут на фоне постоянной медленной минерализации торфа. При учете всех процессов возможно построить бюджет, приведенный в табл. 2.

Потери и прибыль массы торфа и корней между сроками учета, мг на пробу

Глубина, см	Фракция	24.08.06 – 22.09.06	22.09.06 – 25.10.06	25.10.06 – 22.06.07	22.06.07 – 22.08.07	24.08.06 – 22.08.07
30	торф	– 20	+ 66	– 244	+ 184	– 14
	корни	+ 3	– 49	+ 160	– 173	– 59
60	торф	+ 147	– 48	– 231	+ 160	+ 28
	корни	– 133	+ 33	+ 123	– 156	– 138

В первый период (конец августа – конец сентября) на глубине 30 см торф минерализуется, а корни слегка нарастают. В этот же период на глубине 60 см старые корни измельчаются и пополняют фракцию торфа. Второй период (осень 2006 г.) характеризуется размельчением корней на глубине 30 см и переходом их во фракцию торфа. На глубине 60 см происходят позднеосенний прирост корней и минерализация торфа. Третий период включает зиму, весну и начало лета. На обеих глубинах (вероятно весной и летом) идут интенсивные процессы разложения торфа и прироста корней. Четвертый период – лето – отличается отмиранием корней, их измельчением и пополнением мелкими остатками фракции торфа.

Приведенный бюджет позволяет рассчитать годовичную интенсивность минерализации торфа. На глубине 30 см торф за год потерял за счет минерализации 264 мг в расчете на одну пробу, со средним весом 1828 мг, что составляет 14 % от исходного количества. За счет размельченных корней за то же время торф пополнился на 250 мг новыми растительными остатками. Итоговая же цифра потерь торфа за год 14 мг на пробу, т. е. всего 0,8 %. На глубине 60 см годовые потери массы торфа составили 279 мг, а приход новой массы за счет корней – 307 мг. Таким образом, потери органического вещества за счет минерализации перекрывались приходом новой фитомассы.

Следовательно, в аэробной зоне процесс минерализации торфа в значительной мере компенсируется поступлением свежих порций фитомассы с растущими корнями высших растений. Ранее этот процесс обычно не учитывался, так как корневая часть фитомассы в болотных экосистемах оценивается крайне редко.

Литература

1. Титлянова А. А. Биологический круговорот углерода в травяных биогеоценозах. – Новосибирск: Наука, 1977. – 224 с.
2. Титлянова А. А., Косых Н. П., Миронычева-Токарева Н. П., Романова И. П. Подземные органы растений в травяных экосистемах. – Новосибирск: Наука, 1996. – 128 с.
3. Степи Центральной Азии / И. М. Гаджиев, А. Ю. Королук, А. А. Титлянова [и др.]. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2002. – 299 с.
4. Базилевич Н. И., Титлянова А. А. Биотический круговорот на пяти континентах: азот и зольные элементы в природных наземных экосистемах. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2008. – 381 с.
5. Wallén B (1992) Methods for studying below-ground production in mire ecosystems. *Suo* 43:155-162.
6. Moore T. R., Bubier J. L., Frolking S. E., Lafleur P. M., Roulet N. T. (2002) Plant biomass and production and CO₂ exchange in an ombrotrophic bog. *J. Ecol.* 90:25–36.
7. Backéus I., (1990) Production and dept distribution of fine roots in a boreal open bog. *Annl Bot Fennici* 27:261–265.
8. Aerts R., De Caluwe H. (1994) Nitrogen use efficiency of *Carex* species in relation to nitrogen supply. *Ecology* 75:2362-2372.

9. Kosykch 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 West Siberia, 2008. *Wetland Ecol Manage* 16, 139–153.
10. Frolking, S., Roulet, N.T., Moore, T.R., Richard, P.J.H., Lavoie, M., and Muller, S.D., 2001. Modeling Northern peatland decomposition and peat accumulation. *Ecosystems* 4, 479–498.

THE ROLE OF BELOWGROUND PLANT ORGANS IN THE CARBON TURNOVER IN MIRES

A. A. Titlyanova

Belowground plant organs in the mires contribute about 50–70 % to the total living phytomass and 40–50 % to the net primary production (NPP). Belowground phytomass takes part in the peat formation as well as aboveground one. In aerobic zone the input of the fresh belowground mortmass is compensated for some part of peat losses caused by mineralization.

ПАРАМЕТРИЗАЦИЯ БОЛОТ В МОДЕЛИ ЧИСЛЕННОГО ПРОГНОЗА ПОГОДЫ ПЛАВ

А. Ю. Юрова*, М. А. Толстых**

*Гидрометцентр России г. Москва, alla.yurova@gmail.com

**Институт Вычислительной Математики РАН, г. Москва, tolstykh@inm.ras.ru

*В глобальную полулагранжеву модель численного прогноза погоды ПЛАВ была включена параметризация влаго- и теплообмена болот. В результате удалось уменьшить ошибку прогноза температуры воздуха и относительной влажности на уровне 2 м по территории Сибири для заболоченных регионов для всех за-
благовременностей прогноза.*

В последние десятилетия существенный прогресс в развитии схем описания процессов на поверхности и в деятельном слое суши в моделях прогноза погоды позволил перейти к более детальному воспроизведению моделями взаимодействия между гидросферой, биосферой и атмосферой и обеспечил уменьшение ошибок прогноза приземной температуры и влажности. Дальнейшее развитие моделей зависит, в том числе, от внедрения новых параметризаций горизонтальных неоднородностей в поле влажности почвы [1]. В умеренной лесной (бореальной) зоне и в особенности на территории Сибири пространственная картина влагосодержания почвы (торфа) существенно неоднородна за счет многочисленных болот. Глубина грунтовых вод в болотах невелика (максимум 60–70 см), и поверхность оказывается временно или постоянно насыщенной. Физические и экологические свойства болот существенно отличают их от соседствующих водораздельных пространств, и формирование стока и испарения с болот имеет специфические черты.

В данной работе ставилась задача описать тепло- и влагообмен болот для уточнения расчетов потоков тепла и влаги над заболоченными территориями в глобальной полулагранжевой модели атмосферы ПЛАВ [2]. ПЛАВ является глобальной оперативной моделью численного прогноза погоды в Гидрометцентре России. Модель имеет разрешение 0,9° по долготе 0,72° по широте и 50 уровней по вертикали. Динамическое ядро модели является оригинальной разработкой, а набор параметризаций процессов подсеточного масштаба (коротко- и длинноволновая радиация, глубокая и мелкая конвекция, планетарный пограничный слой, параметризация тепло- и влагообмена с подстилающей поверхностью) заимствован из разработок консорциума по мезомасштабному моделированию ALADIN и LACE (Limited Area modeling for Central Europe).

В используемой схеме описания поверхности были сделаны следующие модификации:

- 1) В модель была включена схема переноса тепла, основанная на решении уравнения теплопроводности в многослойной почве [3]. Коэффициенты теплоемкости и теплопроводности брались как средневзвешенные для торфа, воды и воздуха пор торфа. Расчетная область охватывала глубину 10 м. Разрешение в верхних 2 м составляло 10 см и затем постепенно увеличивалось к нижней границе.
- 2) Компоненты водного баланса болота рассчитывались с помощью модели MMWH (Mixed Mire Water and Heat) [4]. Эта модель основанна на классической теории водобмена в болотных ландшафтах [5], но снабжена новым экспериментальным материалом [4, 6]. Модель использовалась для расчета стока и испарения с болот, которые являлись эмпирическими функциями уровня грунтовых вод [7]. Уровень грунтовых вод был прогностической переменной модели и рассчитывался из уравнения водного баланса. Испарение описывалось от двух источников: транспирация растительности, зависящая в том числе от влажности корнеобитаемого слоя и испарение непосредственно с поверхности торфа.

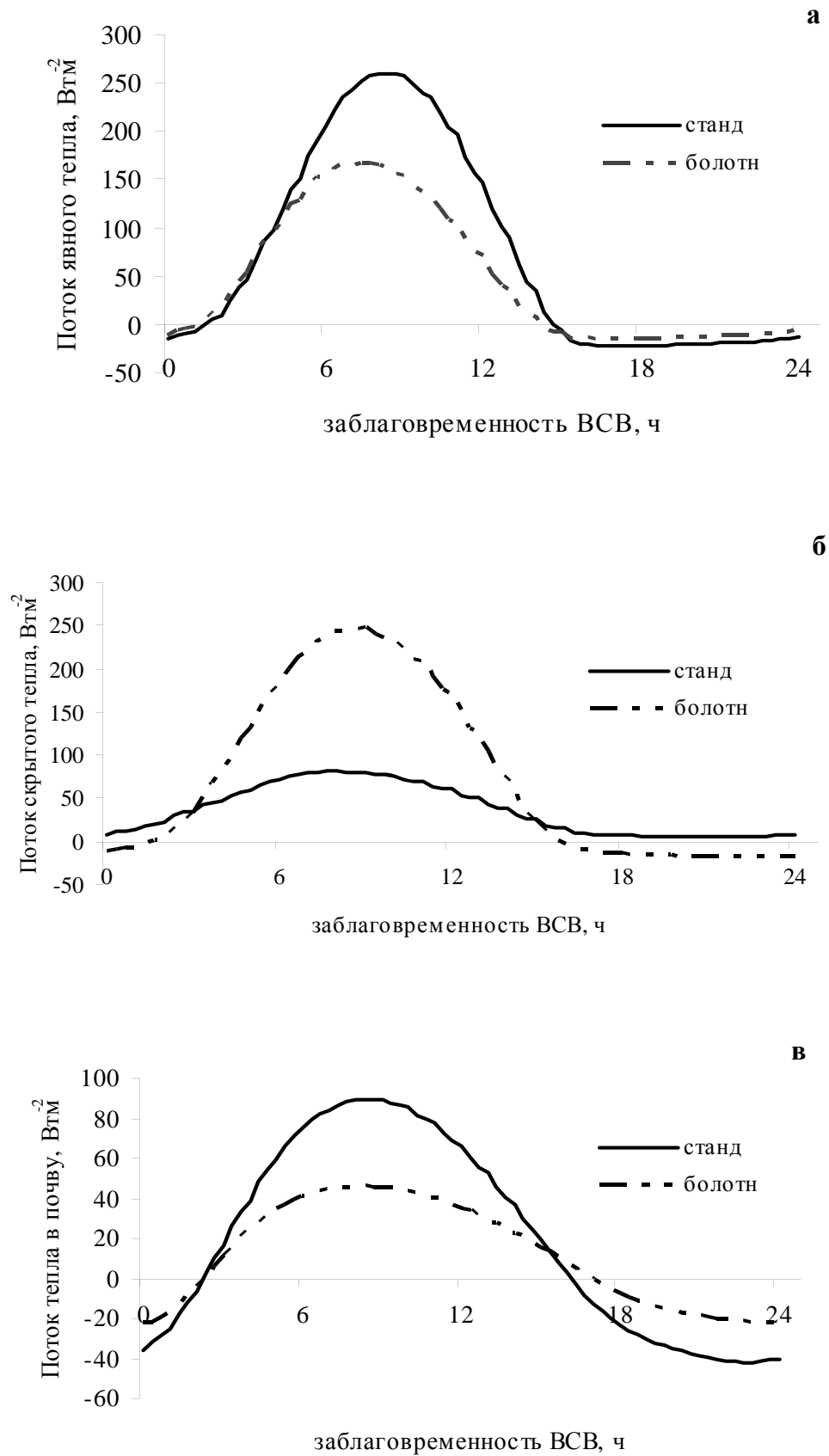


Рис. 1. Потоки тепла, осредненные по ячейкам модели, где болота занимают более 50 % площади, в пределах 55–63° с.ш., 60–85° в.д., рассчитанные по стандартной версии модели и по версии модели с включением параметризации болот

- 3) Ряд параметров, таких как альbedo и параметр шероховатости задавались специально для болот.

С помощью модели, включающей новую схему описания болот, в процессе циклического усвоения данных наблюдений за период июль-август 2008 года были получены стартовые поля метеорологических величин. С новой модификацией модели был выполнен расчет серии прогнозов для срока начальных данных 00 ч ВСВ. Параллельно проводился контрольный расчет, не включающий в себя новую параметризацию. Процент болот задавался по данным, пересчитанным на модельную сетку из геоинформационной системы «Болота России» института лесоведения РАН [8].

В результате расчетов для ячеек на территории Сибири в пределах 55–63° с.ш., 60–85° в.д., где процент болот составляет более 50 %, были получены существенно измененные потоки тепла и влаги. Поток скрытого тепла существенно увеличился, в то время как поток явного тепла уменьшился. Поток тепла в почву также уменьшился (рис. 1). В результате увеличения расходов тепла на испарение температура поверхности понизилась.

Средняя ошибка прогноза температуры воздуха (рис. 2а) и относительной влажности на уровне 2 м (рис. 2б) по территории Сибири для заболоченных районов в модели с включением параметризации болот уменьшилась для всех заблаговременностей прогноза. Также уменьшились и абсолютная ошибка прогноза температуры (рис. 2в) и среднеквадратическая ошибка прогноза относительной влажности воздуха на уровне 2 м (рис. 2г). Однако уменьшение ошибки более существенное для заблаговременностей 12, 36 и 60 ч, чем для 24, 48 и 72 ч.

В целом стандартная версия модели воспроизводит температуру воздуха выше наблюдаемой и влажность воздуха меньше наблюдаемой для заболоченных территорий Сибири, и включение параметризации тепло- и влагообмена болот позволило уменьшить ошибки прогноза.

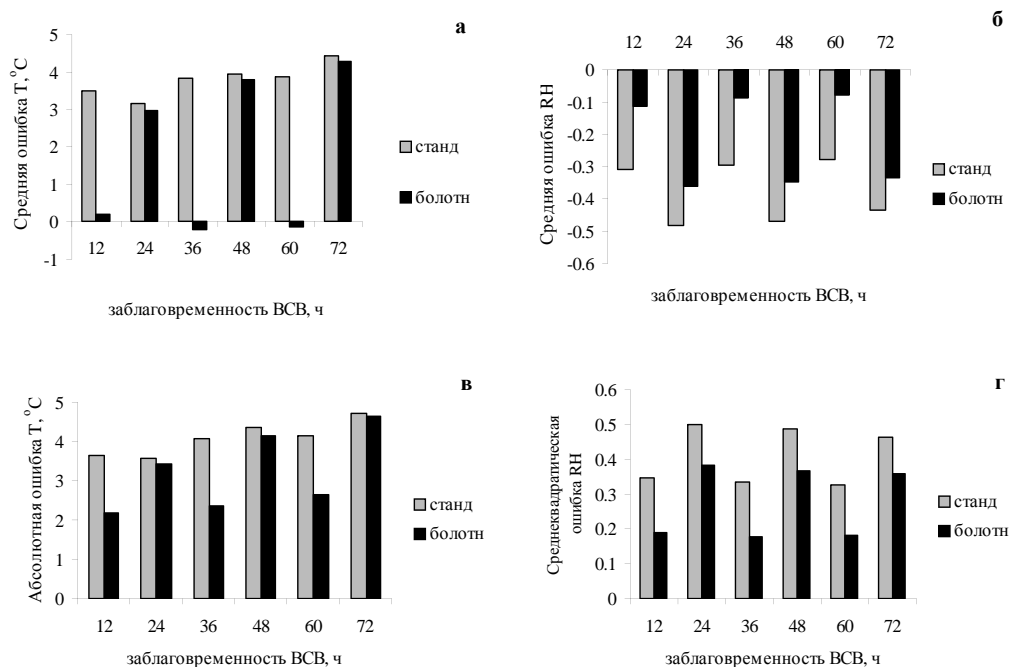


Рис. 2. Средняя ошибка прогноза температуры воздуха (а) и относительной влажности воздуха (б) на высоте 2 м. Абсолютная ошибка прогноза температуры воздуха на высоте 2 м (в) и среднеквадратическая ошибка прогноза относительной влажности воздуха на высоте 2 м (г). Осреднение по ячейкам модели, где болота занимают более 50 % площади, в пределах 55–63° с.ш., 60–85° в.д.

Литература:

1. Gedney, N. and Cox P. M. The Sensitivity of Global Climate Model Simulations to the Representation of Soil Moisture Heterogeneity // Journal of Hydrometeorology. – 2003. – V. 4. – P. 1265–1275.
2. Толстых М. А. Полулагранжева модель атмосферы с высоким разрешением для численного прогноза погоды // Метеорология и гидрология. – 2001. – № 4. – С.5–16.
3. Wania R., Ross I., and Prentice I. C. Integrating peatlands and permafrost into a dynamic global vegetation model: 1. Evaluation and sensitivity of physical land surface processes // Global Biogeochem. Cycles. – 2009. – V. 23. – GB3014.
4. Granberg G., Grip H., Ottosson-Lofvenius M., Sundh I., Svensson B. H. and Nillsson M. A simple model for simulation of water content, soil frost, and soil temperatures in boreal mixed mires // Water resources research. – 1999. – V. 35. – P. 3771–3782.
5. Иванов К. Е. Водообмен в болотных ландшафтах. – Л.: Гидрометеиздат, 1975. – 280 с.
6. Yurova, A., Wolf A., Sagerfors J. and Nilsson M. Variations in net ecosystem exchange of the carbon dioxide in a boreal mire: Modeling mechanisms linked to water table position // Journal of Geophysical Research-Biogeosciences. V. 112. doi: 10.1029/2006JG000342.
7. Weiss R., Shurpali N. J., Sallantausta T., Laiho R., Laine J. and Alm J. Simulation of water table level and peat temperatures in boreal peatlands // Ecological Modelling. – 2006. – V. 192. – P. 441–456.
8. Вомперский С. Э., Сирин А. А., Цыганова О. П., Валяева Н. А., Майков Д. А. Болота и заболоченные земли России: попытка анализа пространственного распределения и разнообразия // Известия РАН, серия географическая. – 2005. – Т. 5. – С. 39–50.

**PARAMETERIZATION OF MIRES
IN NUMERICAL WEATHER PREDICTION MODEL SL-AV**

A. Y. Yurova, M. A. Tolstykh

Parameterization of mire water and heat exchange was included into the global semi-Lagrangian numerical weather prediction model SL-AV. An error reduction is seen in 2-m temperature and relative humidity forecast for the territory of Siberia in the regions covered by mires for all lead times.

Часть II

ВЫСТУПЛЕНИЯ УЧАСТНИКОВ ШКОЛЫ

ГЕОИНФОРМАЦИОННЫЙ АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ТРАНСПОРТНОЙ СЕТИ НЕФТЕДОБЫЧИ НА БОЛОТНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ

М. Н. Алексеева

Институт химии нефти СО РАН, г. Томск, amn@ipc.tsc.ru,

Большая часть нефтегазодобывающего комплекса расположена на заболоченных территориях Западной Сибири. Разливы нефти Самотлорского месторождения дешифрованы на космических снимках. По состоянию на 1999 г. площадь разливов нефти составляет 7 км², из них около 1 км² приходится на болота. Трубопроводная сеть Самотлорского месторождения проложена на болотистой местности с высотами 30–55 м.

Освоение заболоченных территорий Западной Сибири сопровождается возведением линейных сооружений нефтегазодобывающего комплекса, что приводит к возникновению подтопления и развитию заболачивания. Использование некачественных труб, несвоевременная их замена, отсутствие надежной антикоррозийной защиты приводит к аварийным порывам трубопроводов. При этом прилегающие к трубопроводам территории загрязняются нефтью и минерализованными водами. Не является исключением и территория Ханты-Мансийского АО, где из-за аварийных прорывов нефтесборных коллекторов и трубопроводов ежегодно случаются аварии с разливами нефти на площади, превышающей 150 кв. м.

Самовосстановление фитоценозов на загрязненных участках болот протекает довольно медленно, лимитирующим фактором является низкое содержание кислорода, поступлению которого в почву препятствуют отсутствие пористости и наличие на поверхности смолисто-асфальтеновой корочки (киры). По мере увеличения срока давности разлива нефти концентрация нефтепродуктов снижается. Через 10–25 лет концентрация нефтепродуктов составляет 30–15 весовых процентов и основную массу составляют малотоксичные высокомолекулярные углеводороды и смолисто-асфальтеновые компоненты, и почвенный субстрат на них практически не токсичен для заселения большинством видов растений [1].

С использованием космических снимков и геоинформационных технологий возможно получение картографических слоев – болот, трубопроводов и разливов нефти (рис. 1).

На космических снимках разливы нефти дешифрируются в каналах 5,6,7 в среднем, дальнем (тепловом) инфракрасном диапазонах длин волн (от 2 до 13 мкм). На территории Самотлорского месторождения по результатам дешифрирования КС Landsat – ETM+ от 19.09.1999 общая площадь, поврежденная разливами нефти составляет 7 км², из них около 1 км² приходится на болота.

Для рассмотрения отдельного участка трубопровода и его влияния на болотные экосистемы рассматривается применение доступных в сети Интернет цифровых моделей рельефа ASTER GDEM. Участок трубопровода (рис. 2) проходит по болотистой местности Самотлорского месторождения.

Рельеф местности наглядно представлен в виде трехмерной модели (рис. 3).

С использованием ГИС ARCInfo, программы Xsection_tool_v2_0 [2] и ASTER GDEM возможно построение профиля, который показывает расположение участка трубопровода на местности (рис. 4).

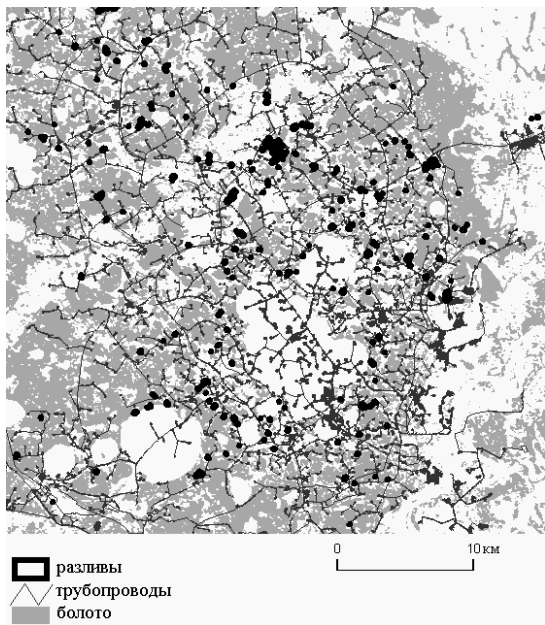


Рис. 1. Картосхема
Самотлорского месторождения

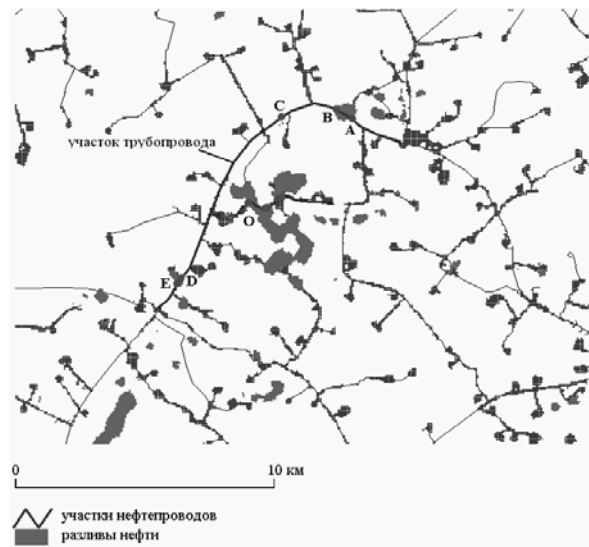


Рис. 2. Схема участка трубопровода
с обозначенными точками разливов нефти

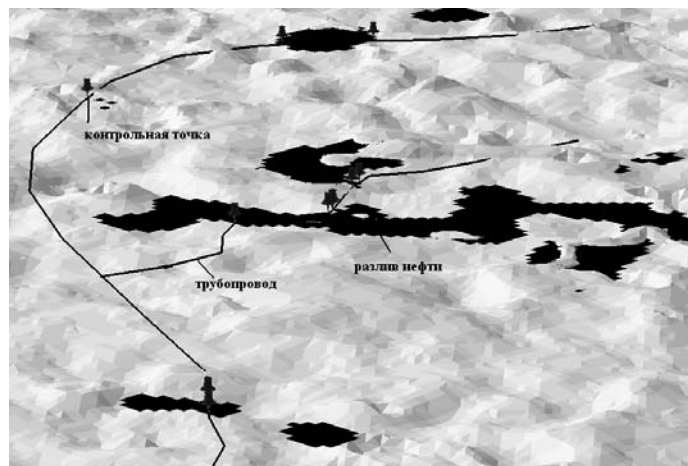


Рис. 3. Трехмерная модель местности участка Самотлорского месторождения



Рис. 4. Профиль рельефа участка трубопровода с обозначенными точками разливов нефти (см. рис. 2)

Участок трубопровода проложен на местности с высотами 30–55 м, что необходимо учитывать при моделировании стоков с места разлива и расчета объема потерь нефти

и нефтепродуктов [3]. Таким образом, космические снимки и геоинформационные технологии обеспечивают необходимую информацию при анализе влияния транспортной сети нефтедобычи в условиях повышенной заболоченности и труднодоступности.

Литература

1. Зубайдуллин А. А. Самовосстановление нарушенных фитоценозов на нефтезагрязненных участках суходолов и верховых болот // Наука и образование ХМАО – XXI веку: тезисы докладов окружной конференции молодых ученых и специалистов. – Сургут: СурГУ, 2000. – С. 56–57.
2. Jennifer Carrell. X_section_tool_v1 (Электронный ресурс): программа, 2005. – Режим доступа: <http://arcscripts.esri.com>, свободный.
3. Методическое руководство по оценке степени риска аварий на магистральных нефтепроводах. Сер. 27. Вып. 1. – М.: Государственное унитарное предприятие «Научно-технический центр по безопасности в промышленности Госгортехнадзора России», 2002. – 133 с.

GEOINFORMATION-SPACE ANALYSIS OF OIL EXTRACTION TRANSPORT SYSTEM IMPACT ON THE BOG ECOSYSTEMS

M. N. Alexeeva

Western Siberia petroleum production territory is very swamp. The oil spills detect on the satellite images of the Samotlor deposit territory. The oil spills and transport system of swamp territory are represented on the map, 3d models of elevation and the profiles.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПИТАТЕЛЬНЫХ ГРУНТОВ НА ОРГАНОРАСТИТЕЛЬНОЙ ОСНОВЕ ДЛЯ ВЫРАЩИВАНИЯ РАССАДЫ ОВОЩНЫХ КУЛЬТУР

Т. Ю. Анисимова

ГНУ ВНИИОУ, г. Владимир, e-mail: vnion@vtsnet.ru

В настоящее время при производстве почвогрунтов остро встают проблемы сокращения затрат, подбора и использования экологически безопасных компонентов, более широкого использования местных материалов. Для оптимизации минерального питания растений защищенного грунта в качестве составной части питательного грунта рекомендуется использовать органоминеральные и органорастительные компосты. Одним из направлений рационального использования торфа является малообъемная ресурсосберегающая технология производства торфогрунтов с заданными свойствами.

Торфяные грунты рекомендуется как для непосредственного использования для выращивания рассады, так и в качестве составной части для приготовления различных органорастительных грунтов для теплиц с добавлением рыхлящих материалов. Уровень питательных веществ должен соответствовать потребностям выращиваемой культуры.

Производство почвогрунтов на основе тофосидератного компоста

Перспективным является производство органорастительных компостов из торфа и сидеральных культур, при разработке технологии получения которых необходимо установить оптимальные соотношения компонентов и время компостирования с целью получения здоровой и качественной рассады. Для приготовления компоста использовались два основных компонента: торф и сидерат. Их характеристики представлены в табл. 1.

Таблица 1

Состав торфа и зеленой массы люпина однолетнего

Компонент	Влажность, %	Зола, %	Общие, %			C, %
			N	P ₂ O ₅	K ₂ O	
Торф низинный	59,3	17,2	$\frac{0,71^*}{0,33}$	$\frac{0,17}{0,08}$	$\frac{0,13}{0,06}$	41,4
Зеленая масса люпина	81,0	7,20	2,41	0,83	1,38	46,1

Примечание: в числителе – на сырое вещество, в знаменателе – на общее сухое вещество.

Компоненты для приготовления компоста перемешивали и укладывали в бурт. В процессе компостирования проводились наблюдения за изменениями температуры, веса, содержанием элементов питания в приготавливаемых компостах. Влажность компостируемой массы поддерживалась на уровне 60–70 %. Изменение веса определялось путем взвешивания компостируемой массы, помещенной в полипропиленовый мешок, который был заложен в центр бурта, чтобы процесс компостирования проходил в анаэробных условиях.

Установлено, что температура внутри бурта с торфолюпиновой смесью при соотношении компонентов 1:1 достигала на начальных этапах 64 °С (на 5-й день), а затем начала снижаться и на 20-й день опустилась ниже 40 °С.

В течение 10 дней температура в бурте была выше 50 °С, что обеспечило обезвреживание смеси от жизнеспособных семян сорных растений. По данным исследований ВНИПТИОУ, жизнеспособность сорных семян в бурте при температуре 50 °С сохраняется не более 5 суток. Увеличение доли торфа (до 67 %) при компостировании (соотношения 2:1) привело к снижению интенсивности биотермического процесса. Дальнейшее повышение доли торфа (до 75 %) не обеспечило повышение температуры выше 40 °С в течение 2-х недель (рис. 1).

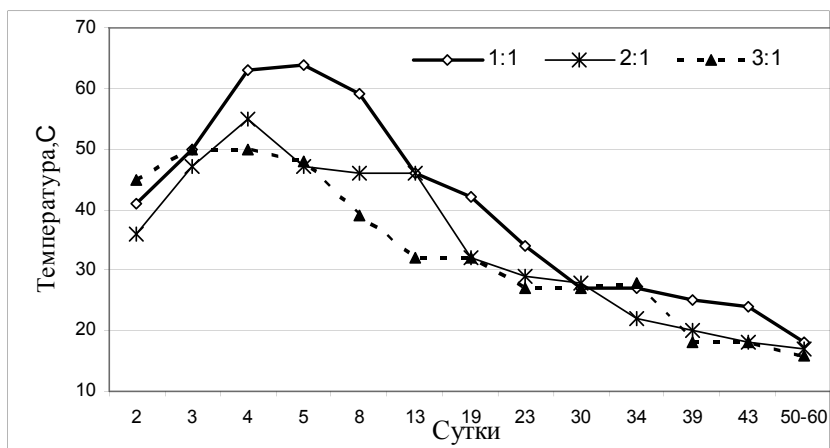


Рис. 1 Динамика изменения температуры компостирования торфосидератной смеси, °C

Вес торфолюпиновой смеси в процессе компостирования значительно уменьшился (табл. 2). Наибольшее снижение веса компостируемой массы отмечено при соотношении 1:1 в первом варианте, что свидетельствует о заметном влиянии на процессы компостирования зеленой массы люпина. Торф в составе компостной смеси сдерживал скорость минерализации.

Таким образом, наиболее оптимальным соотношением сидератной массы и торфа, обеспечивающим получение качественного компоста можно считать 1:1 (не более 50 % и не менее 50 % сидератной массы люпина). С другой стороны, чем больше доля торфа в компосте, тем меньше потерь массы в компосте в процессе хранения.

Таблица 2

Динамика изменения веса торфосидератной смеси при компостировании

Соотношение торф: зеленая масса люпина	Вес, кг				
	первоначальный (100 5)	через 1 месяц	% к исходному	через 2 месяца	% к исходному
1:1	30	22,8	76	16,8	56
2:1	30	23,7	79	18,6	62
3:1	30	26,7	89	18,9	63

Торф в составе компостной смеси также оказал влияние на ее агрохимические показатели (табл. 3). Заметно снизилось содержание аммиачного азота, подвижных фосфора и калия. При этом увеличилось содержание нитратного азота через 2 месяца после закладки буртов. По величине содержания питательных элементов более качественный компост получен при соотношении торфа и зеленой массы люпина 1:1.

Таблица 3

Изменение агрохимических показателей торфосидератной смеси при компостировании

Доля торфа в компосте	Содержание питательных элементов													
	N _{общ} , %		N-NH ₄ , %		N-NO ₃ , мг/кг		P _{общ} , %		P ₂ O ₅ , мг/кг		K _{общ} , %		K ₂ O, мг/кг	
	1*	2*	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
50 %	1,2	1,1	0,3	0,1	8,3	260	0,59	0,40	160	149	0,62	0,69	537	407
67 %	0,94	0,86	0,5	0,04	11,8	170	0,54	0,38	192	99	0,60	0,46	473	280
75 %	0,81	0,51	0,46	0,06	8,7	280	0,41	0,25	136	92	0,41	0,38	367	303

Примечание: 1* – через 2 недели; 2* – через 2 месяца.

Влияние соотношений компонентов компоста на качество рассады овощных культур

Семена овощных культур высевали в рассадные ящики для получения школки рассады, которую затем пикировали в кассеты с ячейками 5x5 см. Учет биомассы рассады томатов проводили в фазу появления 1-й кисти (возраст рассады 55–60 дней), капусты –

в фазу 6–7 листа (возраст рассады – 40–45 дней). Диагностику рассады в фазу товарной спелости проводили по трем основным параметрам: морфобиометрический (вес надземной массы и корней, линейная длина растений); визуальный (наличие болезней и подсчет количества листьев); химический (содержание NPK). В качестве рыхлящего материала использовали опилки (20–25 % от объема грунта).

Агрохимическая характеристика готового почвогрунта на основе торфосидератного компоста представлена в табл. 4.

Таблица 4

Агрохимическая характеристика почвогрунтов с разным соотношением исходных компонентов						
Соотношение торф: зеленая масса люпина	Содержание азота			Общий фосфор, %	Калий общий, %	pH
	общее, %	N-NH ₄ , %	N-NO ₃ , мг/кг			
1:1	0,60	0	55,0	0,26	0,58	6,25
2:1	0,32	0	43,6	0,18	0,50	6,15
3:1	0,20	0	34,7	0,12	0,32	6,15

Эффективность различных соотношений компонентов в торфосидератном компосте, который испытывали как почвогрунт, определяли при выращивании рассады капусты Номер первый Грибовский 147 и среднераннего сорта томата Койт (табл. 5 и 6).

Таблица 5

Влияние соотношений компонентов в торфокомпосте на качество рассады капусты					
Вариант	Показатели качества рассады				
	Линейная длина растений, см	Количество листьев, шт.	Сырая масса 1-го растения, г		Пораженность черной ножкой, %
			надземная часть	корни	
1:1	11,3	7,2	13,7	3,29	8,3
2:1	11,0	6,5	13,1	3,28	10,8
3:1	9,1	5,8	11,7	3,0	15,8
НСР ₀₅			1,8	0,77	

Таблица 6

Влияние соотношений компонентов в торфосидератном компосте на качество рассады томата					
Вариант	Показатели качества рассады				
	Линейная длина растений, см	Количество листьев, шт.	Сырая масса 1-го растения, г		Пораженность черной ножкой, %
			надземная часть	корни	
1:1	21,7	8,1	10,6	2,63	8,0
2:1	21,7	6,8	9,6	2,41	8,3
3:1	16,4	5,8	6,5	1,8	10,1
НСР ₀₅			0,79	0,49	

По величине содержания валовых и подвижных форм питательных элементов более качественный компост был получен при соотношении торфа и зеленой массы люпина 1:1. Использование его в качестве почвогрунта наиболее эффективно проявилось по влиянию на урожай биомассы рассады и содержание в ней питательных веществ.

Влияние биопрепаратов в составе компоста на качество рассады овощных культур

Одним из способов получения здоровой рассады является использование биопрепаратов, введенных в состав почвогрунта. В качестве почвогрунта использовали торфосидератный компост с соотношением компонентов 1:1. Выращивали рассаду капусты и томата, сорта и методика исследований описаны выше.

Биопрепараты вносили в грунт в дозе 1 г/кг грунта. Применение биопрепаратов в составе почвогрунта достоверно увеличило урожай надземной массы рассады капусты. Наибольший прирост отмечен при применении экстрасола и фитоспорина, превышение контроля составило 40 %. Существенного увеличения сырой массы корней по вариантам опыта не произошло. Самая слабая пораженность черной ножкой была установлена при использовании фитоспорина и агрофила (табл. 7).

Влияние биопрепаратов на качество рассады капусты

Вариант	Показатели качества рассады				
	Линейная длина растений, см	Количество листьев, шт.	Сырая масса 1-го растения, г		Пораженность черной ножкой, %
			надземная часть	корни	
Контроль	11,0	7,1	10,0	2,18	8
Экстрасол	12,2	7,4	14,0	2,34	7,5
Флавобактерин	9,9	7,2	13,0	2,36	8,3
Фитоспорин	9,6	7,3	14,0	2,42	2,5
Терпенол	12,4	7,4	12,0	2,4	5
ПГ-5	13,2	7,3	12,3	2,3	5
Агрофил	12,7	7,4	11,3	2,4	3,3
НСР ₀₅			0,95	0,45	

Использование фитоспорина, терпенола и агрофила в составе почвогрунта было более эффективно при выращивании томата. Прирост сырой биомассы (надземной части) рассады превысил контроль на 10,8–22 % (табл. 8).

Наибольшее снижение фитопатогенной активности отмечено при использовании фитоспорина и агрофила. По сравнению с контролем пораженность рассады томатов снизилась с 8 % до 2,1–2,3 %, капусты – с 8 % до 2,5–3,3 %.

Содержание питательных веществ (азота и калия) в надземной части капусты было наибольшим при применении агрофила. Фитоспорин способствовал увеличению содержания общего азота в надземной части рассады томата.

Таблица 8

Влияние биопрепаратов на качество рассады томата

Вариант	Показатели качества рассады				
	Линейная длина растений, см	Количество листьев, шт.	Сырая масса 1-го растения, г		Пораженность черной ножкой, %
			надземная часть	корни	
Контроль	16,8	6,0	7,4	2,18	8,0
Экстрасол	18,5	5,9	8,1	2,50	9,0
Флавобактерин	20,2	6,4	7,9	2,82	8,0
Фитоспорин	18,5	6,4	8,8	2,69	2,1
Терпенол	19,4	6,1	8,2	2,60	7,0
ПГ-5	19,4	5,9	7,8	2,60	5,6
Агрофил	21,6	6,1	9,1	3,00	2,3
НСР ₀₅			1,15	0,46	

Таким образом, решить задачи улучшения питательного режима, борьбы с болезнями овощных культур возможно благодаря расширению ассортимента торфогрунтов, а также применению биопрепаратов в их составе. Это позволяет получить здоровую и качественную рассаду в защищенном грунте, разнообразить ассортимент питательных грунтов, снизить нагрузку на окружающую среду, эффективно использовать местные природные ресурсы (торф, сапропель, сидераты и др.).

USE NUTRIENT GROUNDS ON ORGANIC-PLANT BASIS FOR CULTIVATION OF VEGETABLE CULTURES SPROUTS

T. J. Anisimova

Now by manufacture ground the ground sharply there are problems of reduction of expenses; selection and use of ecologically safe components; wider use of local materials. For optimization of a mineral feed of plants of the protected ground as a component of a nutritious ground it is recommended to use organominerale and body vegetative composts. One of directions of rational use of peat is poorly volumetric the "know-how" peat ground with the set properties.

ПРОДУКТИВНОСТЬ ОСУШЕННЫХ БОЛОТНЫХ НИЗИННЫХ ПОЧВ В СТАДИИ ГИДРОТЕРМИЧЕСКОЙ ДЕГРАДАЦИИ

О. А. Анциферова

ФГОУ ВПО «Калининградский государственный технический университет», anciferova@inbox.ru

Приведены результаты исследования скорости осадки болотных почв после реконструкции осушительных систем. Показатели биологического урожая озимой пшеницы лимитируются гидрологическим фактором.

Введение

В Калининградской области насчитывается 282 торфяных месторождения, среди которых 214 – низинного типа. В сельском хозяйстве области используются болотные низинные массивы, осушаемые в основном польдерным способом и осушительно-оросительными системами. В настоящее время большая часть польдерных земель находится в стадии заболоченной залежи. Научных данных о продуктивности пахотных осушенных болотных низинных почв практически нет.

Объекты и методы исследований

Ключевой участок «Люблино» располагается на юге Замландского полуострова в пределах осушенной болотной котловины (отметки высот 1,5–4 м над уровнем Балтийского моря). В 2004–2007 годах проводилось авторское повторное крупномасштабное картографирование с целью выявления скорости гидротермической деградации болотных почв. Образцы почв анализировали по следующим методикам: рН – потенциметрически ГОСТ 26483-85, гидролитическая кислотность и сумма обменных оснований – по Каппену, органическое вещество по ГОСТ 26213-91, зольность торфов по ГОСТ 11306-83, содержание подвижных фосфатов и обменного калия по ГОСТ 26207-91. Биологический урожай озимой пшеницы определяли на учетных площадках в производственном севообороте по методике, принятой в растениеводстве.

Обсуждение результатов

На участке «Люблино» в советский период была проведена реконструкция и восстановление осушительной сети и поля использовались в интенсивном овощном севообороте: 1. Пар; 2. Капуста; 3. Однолетние травы; 4. Морковь; 5. Прочие, в т. ч. картофель. Несмотря на хорошие агрохимические показатели, в 1983 г. 166 га земель было исключено из орошаемых и переведено в сенокосы в связи с резким уменьшением мощности торфяного слоя. В 1982 г. была составлена комплексная почвенно-мелиоративная инженерно-геологическая карта масштаба 1:5000 для проекта повторной реконструкции осушительно-оросительной сети на люблинском участке. После реконструкции участок ввели в эксплуатацию в 1988 г. и стали практиковать севооборот: 1. Капуста; 2. Морковь; 3. Картофель; 4. Озимая пшеница. Только на некоторых полях севооборота сеяли многолетние травы. В качестве органических удобрений применялся перепревший куриный помет. В настоящее время некоторые поля орошаются при выращивании овощей с помощью ДДН. На части полей практикуется полевой севооборот.

Установлено, что все почвы, в которых в 1982 г. мощность органогенных горизонтов была до 50 см (перегнойно-торфяно-глеевые) в настоящее время превратились в перегнойно-глееватые с мощностью горизонта АТ 30–38 см. Маломощный торфяной горизонт (20–22 см) в таких почвах полностью исчез. Еще более острая ситуация складывается с перегнойно-торфяными почвами, в которых сработка торфа достигает 52 см (табл. 1). В почвах, где в 1982 г. диагностировался только перегнойный горизонт (перегнойно-

глеевые), произошло увеличение зольности перегной вследствие минерализации и припашки песчаного нижележащего слоя. Часть таких горизонтов стала дерновыми.

На «овощных» полях вплоть до мая (до посадки рассады капусты или других овощей) почва находится в состоянии черного пара. При этом наблюдается растрескивание поверхности на полигоны в среднем 40×30, 36×17 см. Полигоны имеют неровные очертания, реже ровные прямоугольники. Глубина трещин в среднем 10,8 см, ширина 1,9 см. Торф или перегной в верхнем слое 10 см пересыхают до сухого состояния, становятся гидрофобными. При сильных ветрах в бороздах наблюдается перевевание песчано-перегнойного материала. Сухой перегнойный горизонт способен к быстрому возгоранию, что и произошло на одном из участков в засушливое лето 2002 года.

Таблица 1

Сработка осушенных болотных низинных почв на ключевом участке Люблино в 1982–2005 гг.

Показатели	По всему массиву болотных почв	На перегнойно-торфяно-глеевых почвах	На перегнойно-торфяных почвах
n	15	9	6
X+m	23,1 ± 3,3	15,7 ± 4,1	34,2 ± 2,5
min	5	5	20
max	52	25	52

Примечание: n – количество разрезов; X+m – средняя величина сработки торфа (см) + ошибка средней; min/ max – минимальная и максимальная величины сработки, см.

В полевом севообороте изучалась продуктивность озимой пшеницы сорта Астрон. В качестве предпосевного удобрения внесен перепревший куриный помет 8–10 т/га. Агрохимические показатели почв на поле и продуктивность пшеницы на них отражены в табл. 2–3.

Таблица 2

Основные агрохимические показатели пахотного слоя почв

Почва	Рельеф	pH _{KCl}	Гумус, %	Углерод орг, %	Зольность, %	P ₂ O ₅ , мг/кг	K ₂ O, мг/кг
Д'у	Ровный слабоповышенный участок	5,6	6,40	3,71	–	570	74
Бн ^{ПГ}	Склон 1°	5,5	11,8	6,84	–	250	74
Бн ^{ПГГ}	Пониженные участки и склоны к микрозападинам	5,3	–	–	16,9	170	80

Примечание: почвы: Д' – дерновая глееватая супесчаная (на месте деградировавшей перегнойно-глееватой); Бн^{ПГ} – болотная низинная перегнойно-глеевая; Бн^{ПГГ} – болотная низинная перегнойно-остаточно-торфянисто-глеевая. Все почвы подстилаются аллювиально-озерными песками.

Таблица 3

Структура урожая озимой пшеницы (среднее по 4-м повторностям)

Показатели	Почвы		
	Д'у	Бн ^{ПГ}	Бн ^{ПГГ}
Количество растений (шт.) на 1 м ²	268	250	224
Продуктивная кустистость	3,5	3,0	3,4
Высота растений, см	85,3	77,3	69,0
Длина колоса, см	8,8	7,25	6,2
Количество колосков в колосе, шт.	19,8	17,0	14,6
Количество зерен в колосе, шт.	30,1	23,6	16,6
Воздушно-сухая масса зерно + солома, т/га	16,6	16,0	12,6
Воздушно-сухая масса зерна, т/га	8,1	6,2	5,1
Воздушно-сухая масса соломы, т/га	8,5	9,8	7,5
Масса 1000 зерен, г.	37,0	30,0	33,1

Максимальные показатели продуктивности озимой пшеницы выявлены на ареалах дерновых почв, образовавшихся на месте перегнойно-глееватых. Мощность пахотного горизонта 30–35 см, причем в нижней части с фрагментами припашки песчаного нижележащего слоя. Глееватый горизонт с глубины 70 см, УГВ осенью 102–105 см, весной 85–90 см. Редуцированный глей на глубине 110 см, закрыт грунтовыми водами.

Под пахотным горизонтом толща среднезернистого песка, переходящая с глубиной в крупнозернистый. С увеличением гидроморфизма и понижением рельефа основные показатели структуры урожая снижаются. На перегнойно-торфянисто-глеевой почве наблюдается ухудшение фитосанитарной обстановки на поле: развитие фузариоза колоса, пыльной головни, мучнистой росы и корневых гнилей. Перегнойный пахотный горизонт данной почвы имеет мощность 32–35 см, под которым залегает остаточный торфянистый слой (15–18 см). Торф низинного типа ольхово-тростниковый, хорошо разложившийся. Глееватый песчаный горизонт в среднем с 50 см, грунтовые воды осенью на 99–102 см, весной 65–70 см. Помимо количественных показателей урожайности гидрологический фактор является лимитирующим и для качества зерна. На перегнойно-торфянисто-глеевой почве стекловидность уменьшается до 30–32 % по сравнению с 47 % на дерновой почве.

Высокие показатели урожайности озимой пшеницы сохраняются только при правильном севообороте. При наблюдавшихся в последующие годы повторных посевах пшеницы по пшенице снижался общий урожай зерна, наблюдалась разреженность и засоренность посевов, увеличение количества щуплых зерен и процента поражения корневыми гнилями. Ежегодная запашка стерни не сдерживает темпы минерализации болотных почв участка. Органическое вещество деградированного пахотного горизонта не связано с минеральной частью, подвержено быстрому пересыханию и переходу в гидрофобное состояние. Подстиляющий песок, который припахивается по мере сработки перегнойного слоя в перегнойно-глеевых почвах, является рыхлым, содержит десятки доли процента илистых частиц и не способствует закреплению органики. Куриный помет, использующийся в качестве органического удобрения, при разложении выделяет много органических кислот, быстро мигрирующих в грунтовые воды и окрашивающих их в желтый цвет. На отдельных ареалах почв фиксируется повышенное содержание фосфора в воде. Такая вода, собираясь в дренажных каналах, быстро эвтрофицируется, вызывая зарастание ряской и другой растительностью.

Таким образом, в настоящий момент на рассматриваемых участках еще возможно получение высоких урожаев озимой пшеницы. Однако агроэкосистемы находятся в крайне неравновесном состоянии, четко выражена тенденция разрушения плодородного горизонта почв. В целях предотвращения необратимой деградации плодородия описанных почв предлагается ввести почвозащитный севооборот: озимая пшеница – люпин – ячмень с подсевом многолетних трав – многолетние травы (2–3 года). При снижении pH_{KCl} до 5 и ниже известкование следует проводить по половине гидролитической кислотности, что позволит избежать форсированной минерализации органического вещества. Альтернативой может быть залужение угодий и перевод из пашни в сенокосы.

DRAINED BOGGY SOILS PRODUCTIVITY IN STAGE OF HIDROTERMIC DEGRADATION

O. A. Antsiferova

The results of investigation speed subsidence of boggy soils after reconstruction drained systems. Indexes of biological harvest winter wheat limited of hydrological factor.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТОРФЯНЫХ БОЛОТ В КАЧЕСТВЕ ПРИЕМНИКОВ ЖИВОТНОВОДЧЕСКИХ СТОКОВ

Н. П. Ахметьева, Е. Е Лапина

Институт водных проблем РАН, г. Москва, akhmeteva@rambler.ru

В статье дается описание и оценка опытов по определению сорбционной емкости низинного и верхового торфа по отношению к биогенным веществам (соединениям азота, калия и фосфора) Европейской Нечерноземной зоны России. На основании баланса биогенных веществ в низинном болоте Вешка делается вывод о возможности его использования в качестве приемника животноводческих стоков в течение 100–120 лет. При более длительном его использовании произойдет загрязнение водной среды близлежащих территорий.

В Нечерноземной зоне России торфяники распространены достаточно широко, составляя около 12 % территории. В последние годы их использование сводится к рекреационным целям – охоте, сбору ягод, лекарственных растений; в незначительной степени они используются как топливо для тепловых станций и отопления помещений, как сырье для строительных материалов, в качестве органических удобрений, начинают их использовать в медицине и косметике. В предлагаемой статье рассматривается вопрос об использовании торфяных болот в качестве приемников животноводческих стоков.

В центральных районах России торфяные болота издавна использовались для сброса в них сельскохозяйственных и промышленных отходов. Авторы статьи на протяжении последних десяти лет занимались изучением болот Тверской и Московской областей в различных аспектах, в том числе и утилизацией в них животноводческих и бытовых отходов. На примере небольших низинных и верховых болот в Конаковском районе Тверской области изучены процессы сорбции азотных соединений, калия, минерального фосфора, а также сульфатов и хлоридов; для низинного торфяного болота «Вешка» подсчитан баланс основных биогенных элементов, проведены круглогодичные наблюдения за изменением дебита и химического состава воды дрены, отводящей болотные воды в речку Крутец [1, 2].

Опыты проводились на монолитах торфа, отобранных вручную из шурфов посредством металлических цилиндров высотой 10 см и диаметром 8 см. Через образцы, отобранные с одной и той же глубины, проливались растворы $N-NO_3$, K и P различной концентрации. Фильтрат из образца поступал в сосуд, откуда с интервалом 10–15 минут отбирались пробы воды (для определения концентрации исследуемых веществ). Когда концентрация исходного и профильтрованного растворов становились одинаковыми, опыт заканчивался. В высушенных образцах торфа определяли количество сорбированного вещества (в пересчете на 100 г сухой породы) и строили графики зависимости сорбированного вещества от его концентрации в исходном растворе. Полученные кривые – изотермы Ленгмюра – характеризуют полную, максимально возможную величину сорбции при заданной концентрации вещества в растворе [3]. Всего было выполнено около 200 опытов. Время проведения одного опыта в среднем – около суток.

Низинный торф для исследований отбирали с глубины 0,3–0,4 м из болота Вешка. Его ботанический состав представлен древесными остатками (45 %), осоками (25 %), гипновыми мхами (15 %), травами (10 %), сфагновыми мхами (5 %). Торф отличался высокой зольностью (40 %) и степенью разложения органического вещества (около 50 %). Согласно построенной изотерме Ленгмюра (рис. 1а), максимальная сорбция $N-NO_3$ составляет 30 мг на 100 г сухого торфа (или 2,14 мг-экв/100г), которая достигается при исходной концентрации в 360 мг/л $N-NO_3$. Такие высокие концентрации нитратов в природных водах почти не встречаются, следовательно, и величина сорбции нитратов обычно

не достигает 30 мг/100г. При концентрации $N-NO_3$ в 100 мг/л возможная сорбция равна 8–10 мг $N-NO_3$ на 100 г породы.

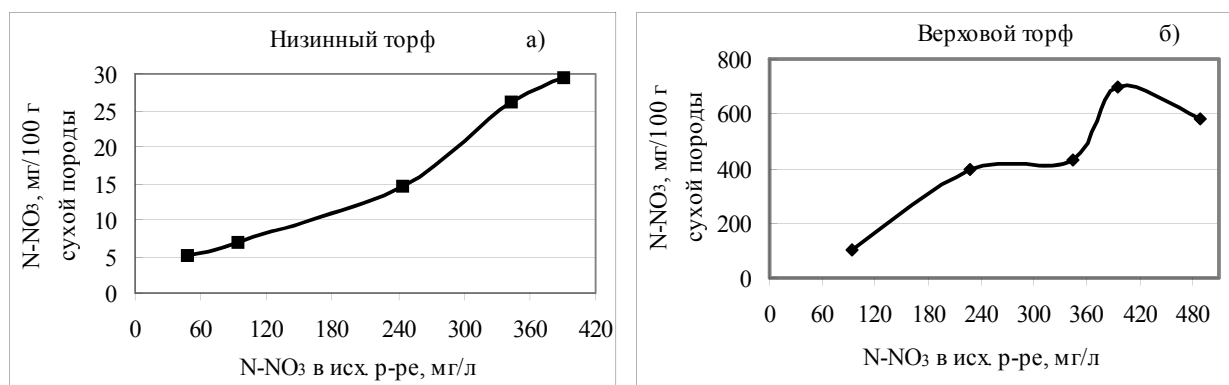


Рис. 1. Изотермы Ленгмюра для низинного (а) и верхового торфа (б) (нитратный азот)

Верховой торф из Шумновского болота отбирали с глубины 0,1–0,2 м. Его ботанический состав – пушицево-сфагновый с редкими древесными остатками, зольность торфа 3–4 %. Степень разложения органического вещества – около 20 %. Верховой торф обладает наиболее высокими сорбционными свойствами. Максимальная величина составляет 700 мг $N-NO_3$ на 100 г торфа (или 50 мг-экв/100 г) при концентрации исходного раствора в 400 мг/л $N-NO_3$. При концентрации $N-NO_3$ в стоке 100 мг/л возможная сорбция составляет около 200 мг/100 г породы (рис. 1 б).

Аналогичные опыты были проведены для калия (К). Максимальное поглощение К верховым торфом со степенью разложения около 20 % происходит при концентрации раствора в 3500 мг/л К и составляет 3200–3300 мг/100 г торфа (или 80–85 мг-экв/100 г). Проведенные опыты с низинным торфом болота Вешка не дали столь четкой характеристики сорбционных свойств. При одной и той же концентрации раствора К в 430 мг/л были получены значения сорбции, различающиеся в 1,5–3 раза (от 99 до 377 мг/100 г). По этим данным можно сказать лишь ориентировочно, что емкость сорбции К низинным торфом со степенью разложения 50 % составляет около 280 мг/100 г торфа (или 7,2 мг-экв/100 г). Полученные характеристики сорбции можно объяснить либо тем, что испытуемые образцы торфа отбирались на различной глубине, на неоднородных участках болота, либо ошибками потенциометрического метода определения К в лаборатории.

Проведены опыты и по определению сорбционных способностей фосфора (Р). Трудность изучения Р заключается в том, что различные его формы находятся в непрерывном взаимодействии [4]. Мы изучали сорбцию минерального Р, количество которого в торфе составляет 15–25 % от валового содержания. Исследованы сорбционные свойства подвижного минерального Р, экстрагированного по методу Кирсанова (т.е. солянокислого фосфора $P_{\text{кис}}$), и водорастворимого минерального Р. Через образцы торфа ненарушенной структуры с естественной влажностью пропускались растворы гранулированного суперфосфата заданной концентрации. Исходный раствор получен путем растворения 20 г суперфосфата в литре дистиллированной воды, где содержание минерального Р составило 2150 мгР/л. Другие концентрации получены путем разведения исходного раствора в 2, 4, 8, 16 и 32 раза. Опыты проводились в 4-х кратной повторности, результаты представлены на рис. 2–3. Анализируя полученные данные, можно сказать, что наиболее высокими сорбционными свойствами по отношению к $P_{\text{кис}}$ обладает верховой торф. Максимальная величина сорбции составляет 350 мгР/100 г торфа (или 12 мг-экв/100 г) при концентрации исходного раствора в 2150 мгР/л. Низинный торф обладает менее выраженными сорбционными свойствами – максимальная величина сорбции составила 50–81 мгР/100 г (или 0,5–0,9 мг-экв/100 г).

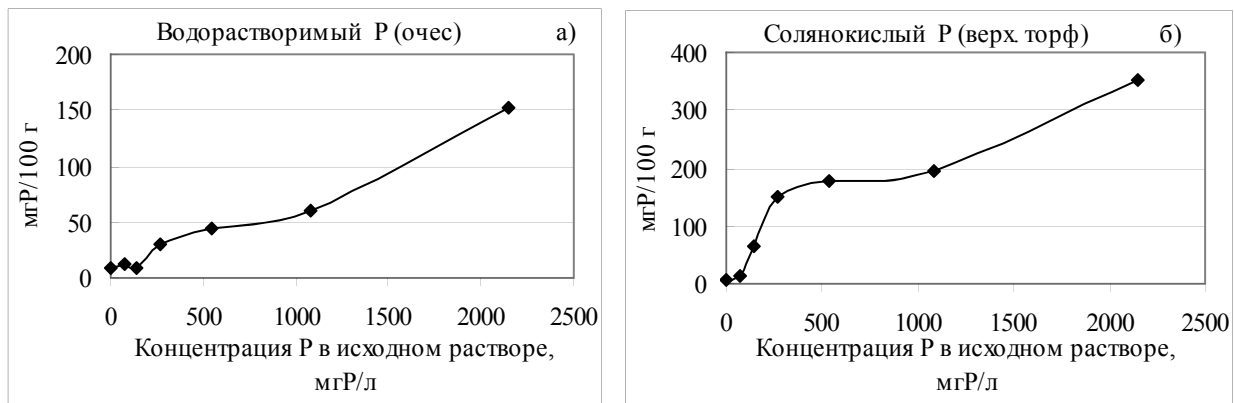


Рис. 2. Изотермы Ленгмюра для верхового торфа (болото Шумновское)

Сорбция водорастворимого Р имеет следующие закономерности: наибольшей сорбцией обладает верховой торф, вплоть до 320 мгР/100 г торфа (или 11 мг-экв/100 г) при концентрации раствора 2150 мгР/л. Низинный торф обладает низкой сорбционной емкостью. Она почти не зависит от концентрации исходного раствора и составляет 4–7 мгР/100 г торфа.

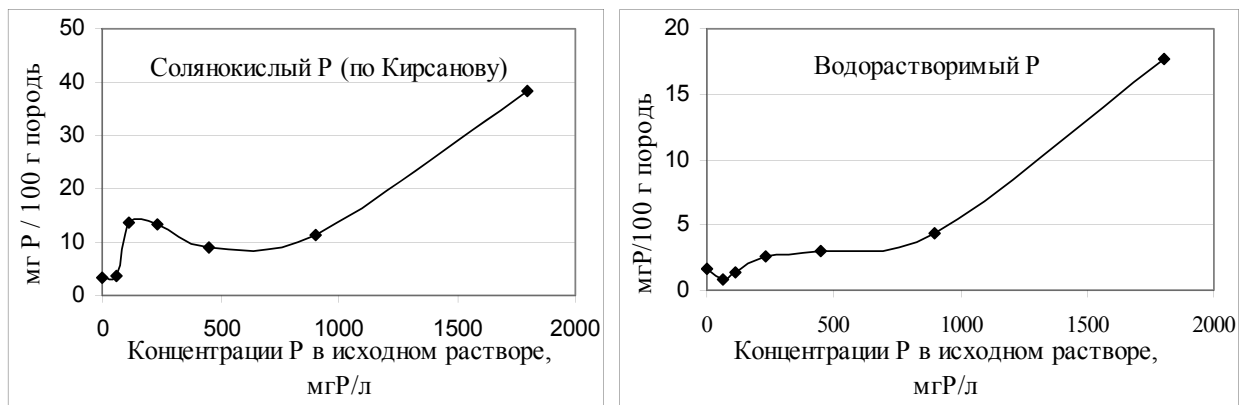


Рис. 3. Изотермы Ленгмюра для низинного торфа (болото Вешка)

Таким образом, наши опыты показали, что верховой торф по сравнению с низинным обладает большей максимальной сорбционной емкостью по отношению к соединениям азота, фосфора и калия, что не противоречит данным других исследователей [5, 6]. Аналогичные опыты проводились для изучения сорбционных свойств сульфатов и хлоридов. Установлено, что эти вещества обладают низкой сорбционной способностью. Они весьма мобильны и вследствие этого могут служить маркерами для определения ареалов распространения в болотных или грунтовых водах таких загрязнителей среды, как городские свалки или склады минеральных удобрений.

В низинное болото Вешка сбрасывают животноводческие стоки от фермы крупного рогатого скота (около 300 голов), свинофермы (около 380 свиней) и силосной ямы. Наиболее загрязнены стоки из силосной ямы. Здесь концентрации К достигают 3500 мг/л, P-PO_4 – 167 мг/л, N-NH_4 – 960 мг/л. В отстойниках около животноводческих ферм, куда сливаются отходы, наблюдаются значительно меньшие концентрации биогенных веществ благодаря их разбавлению пресной водой из артезианской скважины. Ниже приводится таблица с гидрохимической характеристикой поступающих в болото сточных вод, составом болотных вод (с глубины 0,7 м) и воды в пруду, расположенном в центре болота.

Анализы воды из пруда показывают, что вода здесь наиболее чистая. Временами содержание К здесь более 12 мг/л (ПДК по нормам ЕС для калия), однако содержание

N-NO_3 не превышает 1.0 мгN/л, а P-PO_4 – 0,3 мг/л. Анализ воды на масс-спектрометре с индуктивно связанной плазмой показал, что она содержит повышенное количество Sr, что свидетельствует о подтоке напорных вод известняков верхнего карбона в торфяную залежь. Подток пресных чистых вод карбона следует рассматривать как положительное явление, так как эти воды разбавляют повышенные концентрации загрязняющих веществ, поступающих с окрестных животноводческих ферм.

Таблица 1

Гидрохимическая характеристика сточных, болотных и поверхностных вод

Параметр	Отстойник	Пруд	Болотные воды	Силосная яма	Среднее содержание в стоках*
pH	7,55	7,2	6,95	4,75	7,7/7,6
HCO_3 , г/л	2,7	0,37	0,35	10,4	3,8/4,9
NH_4 , мгN/л	46	2,2	0,33	960	430/380
Cl, мг/л	135	24	39	273	390/720
SO_4 , мг/л	9	40	20	187	290/420
PO_4 , мгP/л	5,4	0,3	0,1	167	53/200
Ca, мг/л	60	92	100	1200	160/330
Mg, мг/л	64	38	17	540	560/260
Na, мг/л	226	4	23	150	430/500
K, мг/л	64	0,2	22	3500	340/650

Примечание: * приводится по [5]. В знаменателе – средний состав жидкой фракции свиного навоза, в числителе – навоза КРС.

Много внимания уделено изучению химического состава и дебиту ручья-дрены, вытекающей из болота. Нами проводились режимные наблюдения, позволившие определить вынос биогенных веществ из болота, и с другой стороны – рассмотреть вопрос о возможном загрязнении реки Крутец. Пробы воды отбирали из истоков ручья, в 0,1; 0,3 и 0,6 км ниже по течению, а также в р. Крутец в течение трех лет (2005–2007). Анализ данных говорит о том, что вниз по течению ручья происходит сокращение содержания некоторых показателей: уменьшается цветность воды, содержание Cl^- , SO_4^{2-} , N-NO_3^- и N-NH_4^+ , а также K^+ . На рис. 4 представлена межгодовая и сезонная изменчивость цветности и калия в дрене (точка отбора на расстоянии 0,3 км от истока).

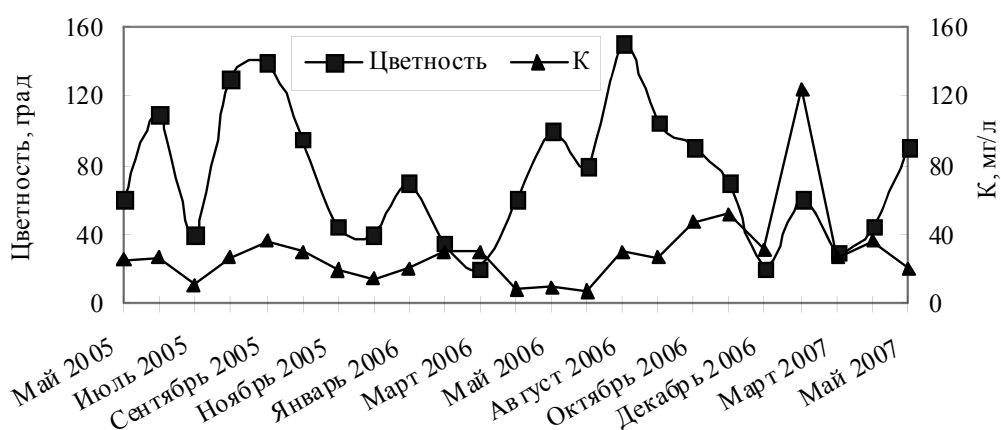


Рис. 4. Межгодовая и сезонная динамика цветности (градусы по Pt-Co шкале) и калия (мг/л) в дрене (болото Вешка) в период 2005–2007 годы

Из рисунка видно, что за указанное время концентрации выносимого из болота калия колебались в пределах 7–124 мг/л, величины цветности – 17–150 градусов.

Данные режимных наблюдений легли в основу расчета баланса по N, K и P для болота Вешка. Учитывались процессы, происходящие в болоте – привнос загрязнений

за счет животноводческих стоков, силосной ямы, за счет разгрузки загрязненных грунтовых вод и поверхностного стока. Вынос загрязнения из болота подсчитывался за счет денитрификации, поглощения биогенных веществ растительностью, выноса веществ дренажной ручьем [2]. По нашим расчетам, использование болота Вешка в качестве приемника животноводческих стоков может длиться в течение 100–120 лет (т.е. еще 30–40 лет). Определение времени сохранности болота при имеющемся уровне антропогенной нагрузки по В. И. Косову и В. В. Панову (только по азоту) дает еще меньшую цифру [8]. В дальнейшем болото может стать источником загрязнения водной среды окружающей территории.

Литература

1. Ахметьева Н. П., Лапина Е. Е., Кудряшова В. В. Сорбционные свойства пород зоны аэрации и их роль в защите грунтовых вод от загрязнения // Геоэкология. – 2006. – №4. – С. 337–341.
2. Ахметьева Н. П., Лапина Е. Е., Лола М. В. Экологическое состояние природных вод водосбора Ивановского водохранилища и пути по сокращению их загрязнения. – М.: УРСС, 2008. – 230 с.
3. Пинский Д. Л. Ионобменные процессы в почвах. – Пущино, 1997. – 166 с.
4. Блэк К. А. Растения и почва (перевод с английского). – М.: Колос, 1973. – 503 с.
5. Беляев А. Ю., Джамалов Р. Г., Кричевец Г. Н., Полякова В. Л., Юшманов И. О. Эффект гистерезиса сорбции биогенов болотными отложениями // Водные ресурсы. – 2005. – Т. 32. – № 2. – С. 205–213.
6. Зозуля В. Л. Поглотительная способность торфяников Верхневолжского района // Водные ресурсы. – 2006. – Т. 33. – № 3. – С. 357–362.
7. Овцов Л. П. Экологическая оценка осадков сточных вод и навозных стоков в агроценозе. – М.: МГУ, 2000. – 318 с.
8. Косов В. И., Панов В. В. Торфяно-болотные системы в экосфере. – Тверь: ТГТУ, 2001. – 186 с.

THE USING OF PEAT-BOGS AS CATCHERS FOR MANURE

N. P. Akhmetieva, E. E. Lapina

The description and estimate of experiments on the definition of the sorption capacity of the high-moor turf and low-moor turf with respect to biogenic matter (compounds of N, P, K) is produced in this paper.

Calculation of the biogenic matter balance for the eutrophic marsh Veshka showed, that the using of this peat-bog as catcher for manure may be possible during 100-200 years. The pollution of environment will happen if using will be continued.

РЕСУРСЫ ВОДОЕМОВ ВО БЛАГО РОССИИ**В. Н. Бакшеев, В. В. Бакшеев**

Тюменский государственный архитектурно-строительный университет, alhael666@mail.ru

На основе данных исследования некоторых озер Тюменской области определены химический состав и физико-химические свойства сапропеля. Представлены данные экспериментальных исследований средств извлечения сапропелей для использования в растениеводстве и животноводстве. Проведен анализ существующих средств извлечения сапропеля. Рассматриваются конструктивные схемы грунтозаборных устройств.

Комплексная мелиорация является важнейшим элементом современных систем земледелия, обеспечивающим повышение плодородия почв и мощным средством активного противостояния неблагоприятным природным процессам (засухи, суховеи, оползни, заболачивание земель и др.). Создаваемые на основе мелиорации природно-технические комплексы, мелиорированные агроландшафты должны быть экологически безопасны, обладать высокой продуктивностью и устойчивостью. Этого можно добиться только при комплексном применении всех видов мелиорации, целенаправленном управлении почвенными, гидрологическими, биохимическими и другими процессами [1, с. 5].

Мелиорация озер путем очистки их ложа от илистых отложений в комплексе с использованием добытого на удобрение сапропеля получает широкое распространение. При этом решается ряд задач: углубляется озерная ванна и увеличивается в ней запас воды, необходимой для водоснабжения и орошения, улучшается рекреационное состояние озер. Благотворное влияние озерной мелиорации сказалось на озерах Белое и Мартыновское в Рязанской области, Меленка в Псковской области, Несвиж и Дикое в Минской области, Б. и М. Тараскуль, Дубровное, М. Калган, Разбахта, Дикое, Круглое, Нарык в Тюменской области [1, с. 169; 2, с. 25–26].

По данным обследования озер, расположенных в зоне осушительных мелиораций, 60 % площади этих озер заполнены сапропелем, выявленные запасы составляют 41,8 млрд. м³ и ежегодный прирост их составляет около 10 млн. м³ [1, с. 169].

Оценены ресурсы сапропелевых месторождений 497 озер Тюменской области в объеме 139,2 млн. тонн. Дана агрохимическая характеристика сапропеля 90 озер. Сапропель обследованных озер содержит в своем составе комплекс витаминов, аминокислот, макро- и микроэлементов, что позволяет использовать его в медицине, химической промышленности, ветеринарии, животноводстве, растениеводстве [2, с.32].

Установлено, что сапропель оз. Б. Тараскуль скармливаемый дойным коровам и различным возрастным группам свиней, отрицательного влияния на животных не оказал. Гематологические и биохимические показатели крови животных, получавших в рацион сапропель, были выше, чем у животных контрольных групп. При скармливании сапропеля в свежем виде молочным коровам в дозе 2,5 кг, суточная продуктивность животных увеличилась на 0,5 кг, что составляет 6,9 % [3, с. 100–101].

В результате опыта скармливания сапропеля свиньям в дозе 300 г на гол./сутки, установлено:

- 1) скармливание сапропеля оз. М. Калган супоросным свиноматкам и поросятам не оказало отрицательного влияния на здоровье и физиологическое состояние животных;
- 2) живая масса поросенка, полученного от свиноматки, кормившейся сапропелем, была выше по сравнению с аналогом контрольной группы на 0,8 кг;

- 3) гематологические и биохимические исследования крови животных показали, что количество эритроцитов, гемоглобина, лейкоцитов, белка, кальция и фосфора было больше у животных опытной группы [3, с. 101–105].

Скармливание сапропеля оз. Дубровное откормочному молодняку свиней в дозе 600 г на гол/сутки увеличивает среднесуточный прирост живой массы животных, по сравнению с контролем, на 33 г. Кроме того, улучшились вкусовые качества мяса и увеличилась масса костей животных [2, с. 31].

Исследования по изучению влияния сапропеля оз. Б. Тараскуль и Дубровное на урожай сельскохозяйственных культур и элементы плодородия почв показали:

- 1) внесение в дозе 50 т/га привело к улучшению агрохимических свойств почвы за счет увеличения подвижных форм фосфора в пахотном слое на 3 мг/100 г почвы;
- 2) внесение в дозе 60–120, 240 т/га под пшеницу и кукурузу обеспечивает прибавку урожайности зерна пшеницы на 0,2–2,0 ц/га, а зеленой массы кукурузы – 18,0–29,0 ц/га;
- 3) внесение в дозе 200 т/га под морковь дало прибавку урожайности, по сравнению с контролем, на 52 ц/га, что составляет 26,5 %.

Наибольший выход стандартной продукции получен при одновременном внесении сапропеля с минеральными удобрениями [2, с. 36]. На основании проведенных исследований разработаны Технические условия (ТУ 499-3845035-001-90) на сапропель кормовой.

Ключевым фактором при создании устройств добычи и использования ресурсов водоемов является знание их физико-механических свойств и состава. Нами исследованы физико-механические свойства сапропеля и установлено, что с глубиной залегания его влажность уменьшается с 95–97 % до 50–60 %. Объемный вес сапропеля в среднем равен 1050 кг/м³ и зависит от вида и глубины залегания. С уменьшением влажности и увеличения глубины залегания объемный вес его увеличивается. Выявлено, что угол трения сапропеля по пластмассам имеет минимальное значение – 33°, а по резине – максимальное 50–90° и во всех случаях возрастает с увеличением плотности [2, с. 32].

Условия различных водоемов, наличие специфических свойств сапропелевой массы оказывают существенное влияние на создание разномодульных комплексов добывающего оборудования. Охрана и рациональное использование озер, как источников чистой воды, борьба с их преждевременным заилением и зарастанием является важнейшей экологической задачей [2, с. 3]. Таким образом, совершенствование существующих и создание новых технологий и постройка современных технических средств добычи и комплексного использования сапропеля является важной проблемой.

На некоторых месторождениях сапропель находится под слоем торфа. В этом случае сапропель вместе с торфом добывается из всей толщи экскаватором МТП-71, который загружает торф и сапропель в транспортные средства. В совхозе «Свердлова» Тюменской области сапропель из оз. Семеново добывали экскаватором МТП-71 в зимнее время с погрузкой в разбрасыватели минеральных удобрений, которые сразу же разбрасывали его по поверхности поля. За смену вывозили на поля до 500 тонн сапропеля [7, с.13–14].

В настоящее время для добычи больших объемов торфа, сапропеля и других ресурсов болот и озер, а также обустройства прибрежных территорий применяется уникальная болотная машина – экскаватор W-74 (WILKA-345B). Это король болот с массой 87 т имеет следующие габаритные размеры, м:

длина –	12
ширина –	6,5
высота –	4,5.

Привод рабочих органов – гидравлический, имеющий следующие достоинства:

- 1) компактность;
- 2) быстрота срабатывания системы привода (доли секунды);

3) принудительное заглубление рабочего органа-ковша, объемом 2 м³ в материал.

Все это позволяет осуществлять рабочий процесс на современном уровне с минимальными затратами труда и средств. Гидропривод стрелы позволяет поднимать массу 4,5 т и переносить сапропель (торф и пр.) на расстояние до 70 м. Высокая проходимость обеспечивается тем, что экскаватор смонтирован на двух поплавках-понтонках, изготовленных из специального сплава толщиной 6–8 мм и габаритными размерами 11,0 × 2,0 × 1,8 м, имеет шасси гусеничного типа, причем, привод – цепного типа. Состоит он из цепи, на которой закреплены специальные пластины болтовыми соединениями и звездочек, смонтированных на валах раздаточных коробок, которые передают крутящий момент и изменяют частоту вращения валов от дизельного двигателя «Катерпиллер». Данный экскаватор можно отнести к типу «Анфибий» и применять всесезонно.

Использование сапропеля в животноводстве возможно только при стабильном химическом составе. Экскаваторный способ не всегда обеспечивает выполнения ТУ на сапропель кормовой, поэтому необходимо применять специальные ковши (грейферы).

В настоящее время распространение получил гидромеханизированный способ добычи сапропеля. Гидромеханизация позволяет объединить в одну технологическую схему добычу, транспортировку, обезвоживание, подготовку по ТУ или ГОСТ продукта для последующего использования. Кроме того, гидромеханизация позволяет механизировать и автоматизировать весь процесс, значительно снизить себестоимость продукции. Основой технологии является земснаряд, ключевым элементом которого является грунтовый насос с различного типа рыхлителями. Существенный недостаток земснаряда – это сезонность работы – не работает при низких температурах.

В зависимости от объемов добычи применяются различные типы серийных земснарядов. Кроме того, ведутся работы по созданию уникальных специальных грунтозаборных устройств (механических, гидравлических, комбинированных и др.) типов.

С целью стабилизации процесса подачи сапропеля и интенсификации забора его из залежи нами было создано устройство, состоящее из следующих элементов: всасывающей магистрали, рукава, эжектора, зажимов, болтовых соединений и запорного вентиля. Устройство работает следующим образом: при работающем двигателе (дизель СМД) в выхлопном коллекторе образуется разрежение, которое усиливается эжектором и по рукаву подается во всасывающую магистраль грунтового насоса типа ГРУ. Создаваемое разрежение улучшает режим работы насосной установки. В результате исследований выявлено: максимальный вакуум во всасывающей системе грунтового насоса – 0,4 кг/см², а в рабочем режиме – 0,2 кг/см². Эксплуатация в производственных условиях показала работоспособность эжекторного устройства [6, с. 65–66].

В настоящее время разрабатываются малогабаритные, самоходные и многофункциональные установки. С учетом требований использования сапропеля в животноводстве в ОПКБ НИИСХ Северного Зауралья создана установка для подводной добычи илистых грунтов в ледовых условиях, включающая раму со стрелой и пульпопроводом, установленную на понтонках, ледорез и шнековый насос. С целью повышения эффективности разработки преимущественно сапропеля путем предотвращения попадания воды в зону забора и всасывания, шнековый насос снабжен направляющей насадкой, размещенной в кожухе, жестко соединенном с нижней частью корпуса насоса, а ледорез установлен соосно с направляющей насадкой [4, с. 1–3]. Конструктивное решение было реализовано в 6 хозяйствах Тюменской области.

С целью повышения производительности установки за счет улучшения условий всасывания, кожух илозаборного устройства снабжен продольно-лучевыми ребрами, установленными на внутренней поверхности кожуха и выполненными в поперечном сечении по кривой, обращенной выпуклой частью навстречу вращению насадки, причем кожух

илозаборного устройства выполнен в виде усеченного конуса с большим основанием на входе [5, с. 1–3]. Варианты установок успешно работали в хозяйствах Тюменской, Свердловской, Курганской и Челябинской областях. К сожалению, в настоящее время интерес к решению этой проблемы поутих и имеет пропагандистский характер.

Одно совершенно очевидно – сапропель представляет собой уникальный дар природы, и мы обязаны его ресурсы использовать сполна на пользу человечества. Бесспорно, сапропелю принадлежит большое будущее [7, с. 49].

Литература

1. Маслов Б. С. Мелиорация вод и земель. – М., 2004. – 278 с.
2. Бакшеев В. Н. Обоснование технологий и технических средств для добычи и использования сапропеля в сельскохозяйственном производстве: Автореф. дис.... д-ра с.-х. наук // СибИ-МЭ. – Новосибирск, 1996. – 40 с.
3. Бакшеев В. Н., Ямов В. З., Сорокин М. И. Сапропель, его добыча и использование в животноводстве – Новосибирск, 2000. – 144 с.
4. Бакшеев В. Н и др. А.с. №619658 СССР, МКИ Е 21 С 45/00. Установка для добычи илистых грунтов в ледовых условиях. – №245457/30; Заявлено 21.03.77; Опубл. 15.08.78. Бюл. № 30.
5. Бакшеев В. Н. А.с. № 1409754 СССР, МКИ Е 21 С 45/00. Установка для подводной добычи илистых грунтов. – № 4120512/30-26. Заявлено 19.09.86; Опубл. 15.07.88. Бюл. № 26.
6. Бакшеев В. Н. Гидромеханизация в строительстве. – М.: АСВ, 2004 – 208 с.
7. Бакшеев В. Н. Добыча и использование грунтов (сапропелей). – Тюмень, 1998. – 52 с.

RESOURCES OF RESERVOIRS FOR THE GOOD OF RUSSIA

V. N. Baksheev, V. V. Baksheev

On the basis of the data of research of some lakes of the Tyumen region the chemical compound and physicommechanical properties of sapropel is defined. The analysis of existing means of extraction of sapropel is made. The data of experimental researches of means of extraction of sapropel for use in plant growing and animal industries is cited. Constructive schemes. Collectors of a ground devices are considered.

ТЕМПЕРАТУРНЫЙ РЕЖИМ ТОРФЯНЫХ ЗАЛЕЖЕЙ ЭВТРОФНОГО БОЛОТА**В. Ю. Виноградов, Н. Г. Инишев**

Томский государственный университет, Томск, vin_vju@mail.ru

В статье представлены результаты исследований температурного режима торфяных залежей эвтрофного типа сходного генезиса, но различной степени осушения. Выявлено, что агролесомелиорация оказала положительное влияние на прогревание торфяной залежи. Прогревание до активных температур произошло раньше на месяц на агролесомелиорируемом участке, чем на естественном участке.

Западная Сибирь – это территория крайне сложных климатических условий. Климат оказывает влияние на зональные закономерности размещения болот, определяя приуроченность болотных систем в различных климатических зонах к тем или иным элементам рельефа.

Температурный режим конкретного региона определяется его радиационными условиями. Радиационный баланс центральной таежно-лесной области бореального пояса, куда входит Западно-Сибирская почвенная провинция, определяет формирование почв, относящихся по тепловому режиму к длительно-сезонно-промерзающему типу. Термический режим Западно-Сибирской провинции характеризуется суммой температур выше 10 градусов Цельсия на глубине почвы 20 см в 1550–1700 °С и средней температурой почвы за теплый период на той же глубине 5–10 °С [1].

Целью работы является изучение гидротермического режима эвтрофных болот в естественных условиях и в условиях агролесомелиорации.

Объектом исследований является торфяное месторождение «Таган» Томского района, расположенное в 0,4 км на северо-запад от с. Тахтамышево на второй надпойменной террасе р. Томи в древней ложбине стока и имеющее вытянутую форму с ЮЗ на СВ в сторону р. Томи. Самая высокая юго-западная часть месторождения имеет высотную отметку 127,5 м. Наибольшая мощность торфяной залежи – 9,3 м. Подстилающие грунты сложены песками, реже супесями и суглинками. Минеральное дно таганского месторождения неровное, с отдельными западинами и повышениями, общий уклон повторяет уклон местности.

Водное питание торфяного месторождения происходит за счёт атмосферных осадков и склоновых вод, поступающих с вышележащих водосборов. Основными водоприёмниками объекта являются реки Чёрная и Томь. На торфяном месторождении имеются внутренние суходолы разных конфигураций с размерами от 1,0 до 8,4 га. Общая площадь внутренних суходолов составляет 92 га. Все они покрыты смешанным лесом.

Растительность в настоящее время переживает эвтрофную фазу развития, о чём свидетельствует современный растительный покров. Лишь на небольшом участке в юго-западной части месторождения отмечена растительность верхового типа. Вся территория торфяного месторождения занята низинными и верховыми фитоценозами древеснотопяных и топяных групп.

На торфяном месторождении «Таган» в 2008 году были заложены 2 пункта наблюдений. На каждом пункте оборудованы колодцы для измерения уровня болотных вод, заложены датчики температуры.

Объекты и методы исследований. **Пункт 1** (п.1) имеет координаты: 56°21' с.ш., 84°47' в.д. Пункт представляет собой целинный участок. Растительность: древесный ярус – берёза, редкие угнетённые сосны; наземный покров – крапива, осока, папоротник. Торфяная залежь имеет мощность около 350 см. В основании залежи лежит заиленный песок

черного цвета, выше располагается слой древесного низинного торфа (175–200 см), затем идут древесно-травянистые низинные торфа (50–175 см), частично определённые как вахтовые (50–100 см). Верхний слой представлен травяным низинным (25–50 см) и древесным низинным (0–25 см) торфом.

Пункт 2 (координаты: 56°21' с.ш., 084°48' в.д.) представляет собой участок с агролесомелиорацией. Агролесомелиорация на данном пункте наблюдений была проведена в 60–70-х годах и включала проведение борозд глубиной до 50 см с целью посадки в гребни сосны. Растительность: древесный ярус – берёза, редкие угнетённые сосны; напочвенный покров – осока, крапива. Вдоль т.м. проведены борозды глубиной 0,5 м и расстоянием между бороздами 2–3–4 м. Торфяная залежь имеет мощность 3 м. В основании залежи располагается слой древесно-травяного торфа (папоротниковый вариант 275–300 см), выше слой травяного торфа (250–275 см), папоротниковый (225–250 см), древесный (200–225 см), осоковый (175–200 см), древесно-травяной (150–175 см). Верхние слои представлены травяным торфом (вахтово-осоковым (125–150 см), вахтово-папоротниковым (100–125 см), вахтовым (0–100 см).

Методы исследований. Снегомерная съёмка проводилась в 2009 г. в пунктах 1 и 2 весной, в конце периода максимального снегонакопления по методике [2]. Во время снеговой съёмки определялись основные характеристики снежного покрова: высота и плотность снежного покрова, насыщенность снега водой. Протяжённость маршрута составляла 400 метров. В период с мая по сентябрь в пунктах наблюдения проводились следующие исследования:

Температура торфяной залежи. Наблюдения проводятся по слоям через 10 см до глубины 120–150 см стационарно установленными датчиками, изготовленным по методике представленной в [3].

Уровни болотных вод (УБВ). Одним из главных элементов, характеризующих гидрологический режим болот, является положение уровня болотных вод относительно поверхности болота, которое определяет соотношение аэробных и анаэробных условий в торфяной залежи. Определялся УБВ по методике [2] с периодичностью 1 раз в 10 дней. За нулевую отметку принята условная отметка средней поверхности болотного ландшафта.

Погодные условия 2009 год характеризовались теплым и влажным летом. Среднесуточная температура воздуха за вегетационный период была равна 19,6 °С (табл. 1) при норме 13,4. Причем теплыми были равномерно все летние месяцы, начиная с мая, что не является характерным для Сибири. Количество выпавших осадков в мае и июне 2009 г. было выше нормы, что оказало влияние на уровень грунтовых вод. В августе и сентябре количество выпавших осадков было ниже нормы, уровень грунтовых вод сильно понизился. Вегетационный период по ГТК характеризуется как средний. Особо выделяется май, в котором ГТК = 1,7 за счет выпадения большого количества осадков и высоких температур.

Таблица 1

Погодные условия, ГМС Томск, 2009 г.

Показатели	Месяцы					За вегетационный период
	май	июнь	июль	август	сентябрь	
Среднемесячная температура воздуха, °С						
2009	15,6	18,7	25,7	21,9	16,2	19,6
Норма	8,8	15,4	18,3	15,1	9,3	13,4
Осадки, мм						
2009	82,4	60,1	103,6	59,7	28,1	72,5
Норма	51,7	66,7	76,9	75,5	48,7	63,9
ГТК по Селянинову						
2009	1,7	1,07	1,3	0,88	1,16	1,22
Норма	0,8	1,73	1,85	1,59	1,47	1,5

Рассмотренные погодные условия оказали влияние на гидротермический режим торфяного болота «Таган».

Обсуждение результатов. При проведении снегомерной съемки в 2009 году было выявлено равномерное распределение снежного покрова. Средняя высота снежного покрова составляла 70 см при максимальном значении 80 см. Средняя плотность снега равна $0,22 \text{ г/см}^3$. Средний запас влаги в снеге составил 149 мм с экстремальными значениями 182 и 98 мм.

Колебания УБВ в весенний период на разных пунктах обусловлены запасами влаги в снеге и состоянием торфяной залежи перед уходом в зиму. Так на п. 2 УБВ был много ниже по сравнению с п. 1 и весенние влагозапасы не обеспечили подъема УБВ к поверхности, как это мы наблюдаем в п. 1.

Далее, постепенно снижаясь, УБВ на п.1 к середине лета составили 27 см; к осени УБВ поднялись до 15 см от поверхности (сентябрь) за счет выпадения малого количества осадков. На п. 2 с агролесомелиорацией УБВ в течение вегетационного периода снижались на глубину 50 см. В летний период на этом пункте отмечается наибольшее снижение УБВ (54 см) и к осени они продолжают поддерживаться на глубине 53 см (рис. 1).

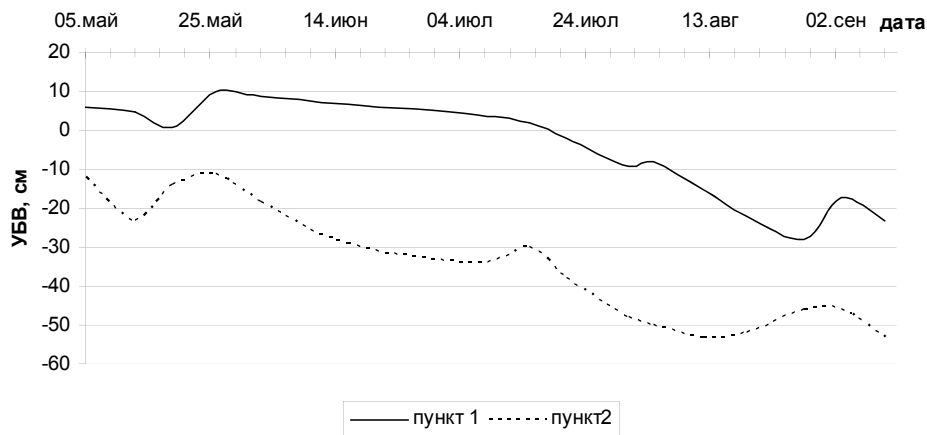


Рис. 1. Динамика уровня болотных вод, Таган 2009 год

Рассмотрим процессы прогревания торфяной залежи. В 2009 году прогревание до активных температур (10°C) на п. 1 (рис 2-А) начало снижаться с конца третьей декады мая и достигло 140 см глубины к середине июля и поддерживалось на этой глубине до окончания наблюдений. На п. 2 прогревание до активных температур (10°C) шло на снижение с начала мая и к середине третьей декады июня достигло глубины 120 см (рис. 2-Б).

Прогревание до летних температур (15°C) наблюдалось в п. 1 в конце июня и достигло глубины 50 см к середине июля, и находилось на этой глубине до конца августа. Прогревание до летних температур (15°C) наблюдалось в п. 2 с конца мая и достигло глубины 90 см к середине июля, продолжалось до середины сентября.

Прогревание до активных температур на п. 2 (агролесомелиорация) началось с конца мая и к середине июня изоплета 10°C снизилась до 40 см, а к началу третьей декады июля достигла 90 см.

Если провести сравнение с аналогичным пунктом торфяной залежи, которая относится к пойменному типу [4], то прогревание торфяной залежи на дренируемых почвах до активных температур проходило до глубины 45–60 см. Торфяная залежь дренируется закрытым дренажем. А на п. 2 торфяная залежь прогрелась до активных температур (10°C) на глубину 90 см.

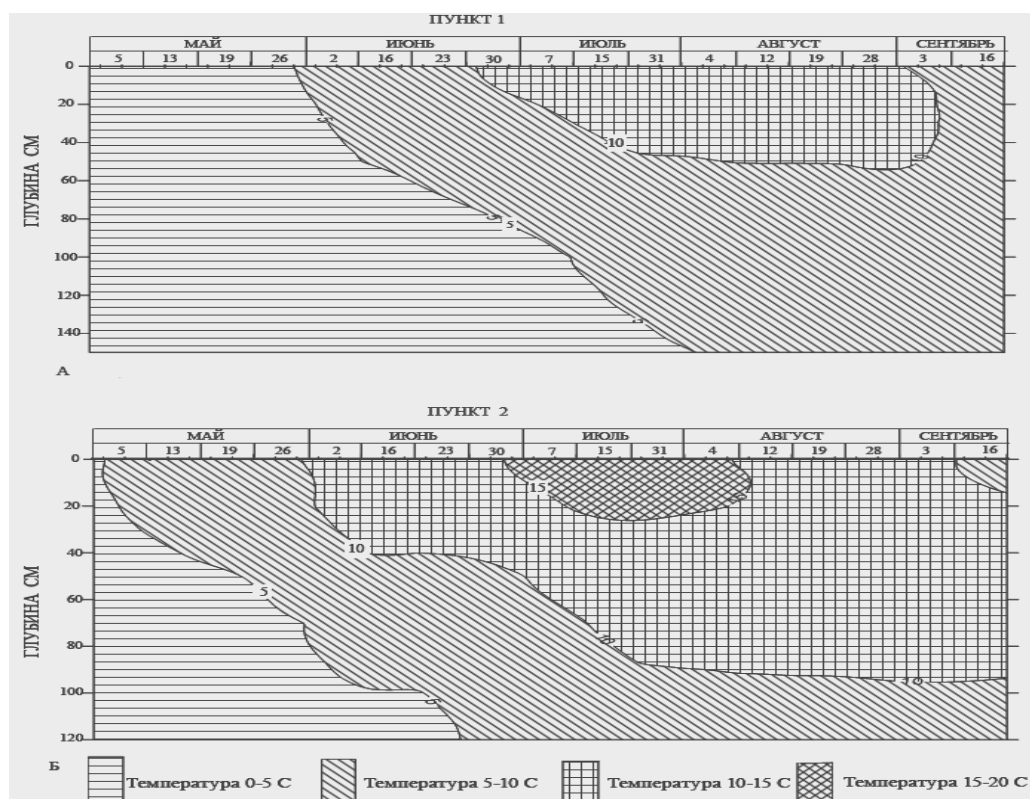


Рис. 2. График распределение температур в торфяной залежи

Выводы

Высокие температуры воздуха в мае способствовали прогреванию торфяной залежи на п. 2 (агролесомелиорация). Торфяная залежь прогрелась до 5°C на 40 дней раньше по сравнению с п. 1; изоплета в 15 °С к концу мая достигла глубины 90 см.

Агролесомелиорация оказала положительное влияние на прогревание торфяной залежи, так как прогревание до активных температур произошло на месяц раньше на агролесомелиорируемом участке, чем на естественном участке.

Литература

1. Болотные системы Западной Сибири и их природоохранное значение / Лисс О. Л., Абрамова Л. И., Аветов Н. А. [и др.]. – Тула: Гриф и К°, 2001. – 2001. – 584 с.
2. Инишева Л. И., Юхлин В. И., Зелингер Ф. Ф. Определение температуры почв и торфов терморезисторами ММТ-4. – Томск, 1975.– С. 36–75.
3. Наставления гидрометрическим станциям и постам. – Л.: Гидрометеиздат, 1987.
4. Инишева Л.И. Почвенно-экологическое обоснование комплексных мелиораций. – Томск: Издательство Том. ун-та.,1992. – 270 с.

TEMPERATURE REGIME OF PEAT DEPOSITS EUTROPHIC MIREs

V. Yu. Vinogradov, N. G. Inishev

The articles presents the results of studies of the temperature profile of eutrophic peat deposits of similar genesis, but varying degrees of drainage. Revealed that agroforestry has a positive effect on the heating of the peat deposits. Warming up to active temperatures occurred earlier in the month on the area with agroforestry than on the natural area.

СОСТОЯНИЕ РЕЛИКТОВОГО ЛУПИШКИНСКОГО БОЛОТА В ЛЕСОСТЕПНОЙ ЗОНЕ И ПРОБЛЕМЫ ЕГО СОХРАНЕНИЯ

М. Я. Войтехов

Талдомская администрация особо охраняемых природных территорий
Московская область, г. Талдом. lice@orc.ru

Дано описание состояния деградирующего в результате осушения реликтового болота в лесостепной зоне, включавшего флористические элементы разных природных зон. Рассмотрены факторы, влияющие на современное состояние растительности.

Болотные массивы, включающие обширные площади сфагновых ценозов, обычных для таёжной зоны, в лесостепи и степи являются реликтовыми. В лесостепной части Тульской области таким является Лупишкинское болото площадью 196 га в верхней пойме Дона [1]. В центре болота имеется памятник природы регионального значения геологического профиля: «Карстовые озёра «Бездонное» и «Бездонье», площадью 10 га. Выходы сильноминерализованных напорных вод (до 2,7 г/л [2]) на дне озёр обеспечивают относительно стабильный уровень грунтовых вод болота.

Своеобразие гидрогеологических условий обусловило формирование уникальной по разнообразию растительных комплексов болотной экосистемы северной лесостепи – от болотно-солончакового до бореально-борового. Последний, наиболее азональный – наиболее ценный для обеспечения биоразнообразия региона. Первые сведения о растительности этого болота опубликованы в 1851 году П. П. Семёновым, отметившим произрастание в непосредственной близости от озёр многих бореально-боровых видов, в том числе полного набора болотных кустарничков (*Ericaceae*) [3]. В последующие годы болото изучалось многими авторами. Обобщённый флористический список Лупишкинского болота насчитывает 322 вида растений, из них 32 вида нуждаются в охране на территории Тульской области [2].

До середины XX в. антропогенные воздействия на болото не приводили к катастрофическим изменениям и являлись обратимыми. Добыча торфа велась крестьянами индивидуально с 1891 г. В 1908 г. А. Ф. Флёров встретил бореально-боровые виды лишь «на уцелевших местах остатках нетронутого при выработке торфа» [4], но в 1948 г. по свидетельству А. К. Скворцова наиболее обводнённая часть болота (местный топоним – «Бор») севернее оз. Бездонье включала участки открытой воды (хотя канавы дренировали карстовые озёра), заходящий в воду пояс высоких трав (*Cladium mariscus* (L.) Pohl., *Phragmites australis* L.); пояс низких трав (*Carex panicea* L., *C. capillaris* L., *C. flava* L., *C. Buxbaumii* Whib., *Heleocharis pauciflora* Light., *Triglochin palustris* L. и др.); олиготрофные элементы: сфагновые мхи, *Empetrum nigrum* L., *Eriophorum vaginatum* L., *Drosera rotundifolia* L., *Ledum palustre* L., *Oxycoccus microcarpa* Turcz., *O. palustris* Pers., *Vaccinium uliginosum* L., *V. vitis idaea* L., микрорывы с *Betula pubescens* Ehrh., *B. verrucosa* Ehrh., *Populus tremula* L. [5].

Промышленная добыча торфа колхозами на Лупишкинском болоте на удобрения началась в 1963 г., а с 1971 г. торф стали добывать бульдозером [1]. До 90-х гг. XX в. значительная часть болота использовалась как пастбище и луг. В настоящее время главную угрозу сохранению экосистемы болота представляет вторичный фактор, являющийся следствием осушения – травяные палы, приводящие к выгоранию положительных элементов микрорельефа торфяника. По словам жителей дер. Лупишки, пожары приобрели катастрофический характер вследствие прекращения утилизации высокотравья после ликвидации в начале 90-х годов молочной фермы.

В изданной в 2007 г. Красной книге Тульской области, в главе, посвящённой ООПТ «Карстовые озёра «Бездонное» и «Бездонье»», в частности, указано, что оз. Бездонье расположено на краю молодого берёзового леса [2]. Однако в настоящее время леса как такового уже нет. Севернее этого озера (видимо, это то место, которое описал А. К. Скворцов – см. выше) на площади около 4 га сохранилось лишь 28 живых берёз, но многочисленны погибшие берёзы. Вследствие увлажнения торфяной залежи напорными водами торфяные пожары не приобретают характера глубинных, однако в результате локального заглубления очагов горения микрорельеф болота сменился с кочкарного на западинный и кочкарно-западинный, в торфе многочисленны депрессии площадью от 2 до 70 м² и глубиной до 0,6 м.

Результаты исследований последних лет свидетельствуют о резком снижении, по сравнению с данными XIX – середины XX вв., разнообразия сосудистых растений и сфагновых мхов. В настоящее время от бореально-борового комплекса в менее пострадавшей от пожаров южной его части – у оз. Бездонного (по мнению А. К. Скворцова, эта часть «Бора» деградировала к середине XX в. [5]) только на семи кочках пересохшего фagnoвого торфа сохранились *Ledum palustre* L., *Oxycoccus palustris* Pers., *Vaccinium uliginosum* L., *V. vitis-idaea* L. Все найденные растения указанных видов представлены однолетними побегами, отрастающими от подземных органов либо от выступающих из торфа на высоту до 1 см оснований стеблей предыдущих лет, причём от этих оснований торчат мёртвые прошлогодние побеги. В 2008-2009 годах прирост багульника и голубики составил 15–25 см, клюквы – до 20 см, брусники – до 15 см. Только единичные найденные на 2 кочках *Sphagnum capillifolium* Hedw. дали прирост от верхушек прошлогодних побегов – в этом случае он составлял до 5 мм, большинство побегов мха имели мёртвые верхушки, а годовой прирост боковых побегов не превышал 2 мм. Следы огня на древесно-кустарниковой растительности и обилие на некоторых кочках мха *Funaria hydrometrica* (L.) Sibth., известного как индикатор пирогенно-нарушенных местообитаний, дают основание предположить, что причиной отпада прироста кустарничков предыдущих лет и снижения жизнеспособности сфагнов является повреждение травяными палами.

Представление о современном состоянии окрестностей оз. Бездонного дают описания естественных выделов растительности по 3 катенам (табл. 1–3) от озера до мезоповышений, на которых сохранились берёзы высотой до 15–17 м (обилие трав, кустарников и подроста берёзы высотой до 1 м оценивалось как единый ярус по шкале Друде-Уранова, исходя из удобства привязки выделов к расстоянию от озера, катены описывались снизу вверх).

Несмотря на изменчивость видового состава (в каждой катене сменяются все виды, кроме тростника), различия по экологическим шкалам Д. Н. Цыганова [6] между крайними выделами (минеротрофного и омбротрофного питания) по диагностируемым признакам невелики, что объясняется, в частности, преобладанием во всех выделах видов, имеющих очень широкие экологические амплитуды.

В целом, фитоиндикация показывает бедность местообитаний азотом – только первые выделы катен 2 и 3 являются «довольно обеспеченными азотом» (это может быть связано с тем, что в участках с переменным уровнем грунтовых вод, где торф сильнее гумифицирован, ниже активность азотофиксирующей микробиоты, а в более проточных участках торфяников в десятки и сотни раз возрастает потребление микробиотой азота, это снижает его доступность для растений [7]), а по солевому питанию все выделы находятся в диапазоне «довольно богатых» [6].

Катена 1. От истока ручья из оз. Бездонного к группе берёз на востоке

Виды	Характеристика выдела, расстояние от уреза воды		
	топкий край истока, 0–1,5 м	между топью и берёзами, 2–15 м	между берёз
	№ выдела		
	1,1	1,2	1,3
<i>Agrostis canina</i> L.	4	–	–
<i>Betula pubescens</i> Ehrh.	–	3	–
<i>Briza media</i> L.	–	–	+
<i>Calamagrostis epigeios</i> (L.) Roth	–	2	2
<i>Carex nigra</i> (L.) Reichard	–	1	–
<i>Carex riparia</i> Curtis	5	–	–
<i>Epipactis palustris</i> (L.) Crantz	–	3–4	1
<i>Eupatorium cannabinum</i> L.	–	1	–
<i>Galium aparine</i> L.	–	1	–
<i>Lysimachia vulgaris</i> L.	3	–	–
<i>Molinia caerulea</i> (L.) Moench	–	–	5
<i>Parnassia palustris</i> L.	3	–	–
<i>Pedicularis palustris</i> L.	3–4	–	–
<i>Phragmites australis</i> (Cav.) Trin. ex Steud.	4	4	4
<i>Potentilla erecta</i> (L.) Raeusch.	–	3	2
<i>Salix aurita</i> L.	–	2	–
<i>Salix myrtilloides</i> L.	–	1	1–2
<i>Sanguisorba officinalis</i> L.	–	–	2
<i>Typha angustifolia</i> L.	1	–	–
<i>Vicia cracca</i> L.	–	3	2
<i>Vicia pisiformis</i> L.	–	–	+
Проективное покрытие	30–40 %	8–10 %	10–12 %

Очевидно, условия в наиболее минеротрофных выделах экстремальны по факторам, не диагностируемым экологическими шкалами, созданными для подзоны хвойно-широколиственных лесов. Косвенно это подтверждается тем, что многие виды представлены угнетёнными экземплярами. Невысокий фитонидикационный индекс солевого богатства низинного торфа может быть связан с дисбалансом минерального питания – избытком кальция и магния, затрудняющим усвоение калия: у растений по краям вторичных озёр, покрытых отложениями туфа, отмечен характерный признак дефицита калия, образно именуемый в агрономической диагностике «краевым ожогом листьев» [8].

С другой стороны, деградация омбротрофных элементов мезорельефа привела к инвазии зональных видов: голубика и подорожник степной растут на одной кочке.

Катена 2. От восточного края оз. Бездонного к трём берёзам на востоке

Виды	Характеристика выдела, расстояние от уреза воды		
	топкий край озера, 0–7 м	между топью и берёзами, 7–30 м	между берёз
	№ выдела		
	2,1	2,2	2,3
<i>Achillea millefolium</i> L.	–	+	–
<i>Agrostis canina</i> L.	3	4	–
<i>Agrostis stolonifera</i> L.	3	–	–
<i>Calamagrostis epigeios</i> (L.) Roth	–	1	–
<i>Carex dioica</i> L.	2	–	–
<i>Carex vaginata</i> Tausch	+	–	–
<i>Centaurea jacea</i> L.	–	–	2
<i>Epipactis palustris</i> (L.) Crantz	–	–	2
<i>Eupatorium cannabinum</i> L.	2	–	–
<i>Festuca rubra</i> L.	3	–	–
<i>Filipendula ulmaria</i> (L.) Maxim.	2	3	–
<i>Galium aparine</i> L.	3	–	–
<i>Galium boreale</i> L.	–	–	2
<i>Geum rivale</i> L.	–	+	–
<i>Inula britannica</i> L.	–	–	1
<i>Juncus articulatus</i> L.	1	–	–
<i>Lysimachia vulgaris</i> L.	1	–	–
<i>Lythrum salicaria</i> L.	+	–	–
<i>Molinia caerulea</i> (L.) Moench	–	2	5
<i>Parnassia palustris</i> L.	3–4	–	–
<i>Pedicularis palustris</i> L.	2–3	–	–
<i>Phragmites australis</i> (Cav.) Trin. ex Steud.	4	5	3
<i>Poa pratensis</i> L.	+	–	–
<i>Potentilla anserina</i> L.	1	–	–
<i>Potentilla erecta</i> (L.) Raeusch.	1	–	–
<i>Ranunculus acris</i> L.	1	–	–
<i>Rhinanthus minor</i> L.	1	–	–
<i>Salix myrtilloides</i> L.	1	–	1
<i>Sanguisorba officinalis</i> L.	–	–	2
<i>Sonchus palustris</i> L.	–	2	–
<i>Thalictrum flavum</i> L.	–	–	1
<i>Typha angustifolia</i> L.	1	–	–
<i>Vicia cracca</i> L.	–	3	4
Проективное покрытие	3–4 %	30–40 %	6–8 %

Катена 3. От западного края оз. Бездонного до группы берёз на западе

Виды	Характеристика выдела, расстояние от уреза воды				
	топкий край озера, 0–5 м	5–20 м от озера	20–40 м от озера	40–50 м от озера	между берёз
	№ выдела				
	3,1	3,2	3,3	3,4	3,5
<i>Betula pubescens</i> Ehrh.	–	–	–	1	–
<i>Briza media</i> L.	–	–	2	1	2
<i>Calamagrostis epigeios</i> (L.) Roth	–	–	1	–	–
<i>Carex lasiocarpa</i> Ehrh.	–	+	1	–	–
<i>Carex riparia</i> Curtis	2	–	–	–	–
<i>Epipactis palustris</i> (L.) Crantz	–	2	2	3	1
<i>Eupatorium cannabinum</i> L.	+	–	–	–	–
<i>Festuca rubra</i> L.	–	1	–	–	–
<i>Galium aparine</i> L.	1	–	1	–	–
<i>Lysimachia vulgaris</i> L.	2	1	–	–	–
<i>Lythrum salicaria</i> L.	–	–	–	–	+
<i>Molinia caerulea</i> (L.) Moench	–	5	5	5	5
<i>Oxycoccus palustris</i> Pers.	–	–	–	–	+к
<i>Parnassia palustris</i> L.	–	2	–	–	–
<i>Pedicularis palustris</i> L.	–	1	–	–	–
<i>Rhinanthus minor</i> L.	–	1	–	–	–
<i>Phragmites australis</i> (Cav.) Trin. ex Steud.	5	4	4	4	3
<i>Plantago urvillei</i> Opiz in Bercht.	–	–	–	–	1
<i>Potentilla erecta</i> (L.) Raeusch.	–	–	2	–	3
<i>Ranunculus acris</i> L.	–	1	–	–	–
<i>Salix aurita</i> L.	–	2	–	–	–
<i>Salix myrtilloides</i> L.	–	–	1	+	+
<i>Sanguisorba officinalis</i> L.	–	1	+	2	2
<i>Sonchus palustris</i> L.	–	–	–	–	1
<i>Thalictrum flavum</i> L.	–	–	–	1	1
<i>Vaccinium uliginosum</i> L.	–	–	–	–	+к
<i>Vicia cracca</i> L.	–	2	2	2	1
Проективное покрытие	20 %	6–8 %	4–5 %	10–12 %	4–5 %

Таблица 4

Фитоиндикация по шкалам Д. Н. Цыганова (метод средневзвешенной середины интервала)

№ выдела	Tm	Kn	Om	Hd	Tr	Nt	Rc	fH
1.1	8.08	8.60	8.02	15.18	7.45	4.45	7.10	5.39
1.2	7.77	8.46	8.52	13.59	6.76	4.96	6.77	6.00
1.3	8.37	8.27	8.26	13.37	7.35	4.44	7.25	5.83
2.1	7.73	8.49	8.09	13.46	7.62	5.67	6.41	5.71
2.2	8.10	8.28	8.06	13.86	7.57	5.17	6.57	5.75
2.3	7.95	8.59	8.12	13.76	7.58	4.55	7.45	5.80
3.1	8.97	8.60	8.00	13.97	8.63	6.17	7.87	7.67
3.2	8.07	8.39	8.20	14.67	6.79	4.14	6.75	5.24
3.3	8.08	8.33	8.38	13.67	6.83	4.47	6.64	5.44
3.4	8.09	8.46	8.28	14.38	6.74	4.18	7.11	5.61
3.5	8.01	8.44	8.45	13.72	6.82	4.20	6.99	5.33

Несмотря на существенные потери, Лупишкинское болото остаётся важным центром сохранения биоразнообразия региона. Надо отметить, что внесённые в Красную книгу РФ естественно редкие по всему ареалу корневищные или клубнекорневищные обитатели увлажнённых эвтрофных местообитаний (*Cladium mariscus* (L.) Pohl., *Orchis militaris* L. и др.) относительно мало, по сравнению с боровыми видами, страдают от травяных палов.

Сохранение и восстановление уникального для лесостепной зоны болотного комплекса возможно при условии придания всему Лупишкинскому болоту статуса ООПТ комплексного профиля и целенаправленных мероприятий, которые можно разделить на срочные – по предотвращению дальнейшей деградации уцелевших фрагментов бореально-борового компонента комплекса (предупреждение пирогенных повреждений боровых видов; для преодоления диаспорического субклимакса [9] – реинтродукция *Sphagnum teres*, являющегося пионером сфагнового комплекса и образующего переходный слой между низинными и переходными торфами на болотах лесостепной зоны и др.), и долгосрочные – по восстановлению гидрорежима, необходимого для существования азональных в лесостепи биогеоценозов (определение допустимого, исключающего подтопление сохранившихся бореально-боровых фрагментов, повышение уровня грунтовых вод в южной части болота возможно только после составления гипсометрической карты).

Литература

1. Волкова Е.М. О развитии некоторых болот бассейна Верхнего Дона // Верхнее Подонье: Природа. Археология. История. Вып. 2.: Сб. статей: в 2 т. Т. 1. Природа. Археология. – Тула.: Гос. музей-заповедник «Куликово поле», 2007. – С. 40–45.
2. Красная книга. Особо охраняемые природные территории Тульской области. – Тула: Гриф и К, 2007. – 316 с.
3. Семёнов П. П. Придонская флора в её отношениях с географическим распределением растений в Европейской России. Рассуждение, написанное для получения степени магистра. – Спб.: Типография Эдуарда Веймара, 1851. – 148 с.
4. Флёров. А. Ф. К флоре долины Дона // Изв. СПб. бот. сада. – Т. 9. – 1909. – С. 1–9.
5. Скворцов А. К. О растительности реликтового болота близ г. Епифани // Бюлл. МОИП, Отд. биол. – Т. 54. – Вып. 4. – М., 1949. – С. 101–104.
6. Цыганов Д. Н. Фитоиндикация экологических режимов в подзоне хвойно-широколиственных лесов. – М., 1983. – 197 с.
7. Wray H. E., Bayley S. E. Nitrogen dynamics in floating and non-floating peatlands in the Western Boreal Plain. // Can. J. Soil Sci. 2008. V. 88. P. 697–708.
8. Справочная книга по химизации сельского хозяйства. / Под ред. В.М. Борисова. – М.: Колос, 1969. – 656 с.
9. Разумовский С.М. Закономерности динамики биоценозов. – М.: Наука, 1981. – 231 с.

THE CONDITION OF THE RELICT MIRE LUPISHKINSKOE IN FOREST-STEPPE ZONE AND THE PROBLEMS OF CONSERVATION OF THIS MIRE

M. Ya. Voytehov

It is the description of a condition of the forest-steppe-zone relict mire, which was including floristic elements of different natural zones and now is degrading as a result of drainage. The factors which are influencing on a modern condition of vegetation are considered.

**РЕКОНСТРУКЦИЯ ДИНАМИКИ ЛАНДШАФТОВ СЕВЕРНОЙ ЛЕСОСТЕПИ
ПО ДАННЫМ КОМПЛЕКСНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ
БОЛЬШЕБЕРЕЗОВСКОГО БОЛОТА
(БАССЕЙН ВЕРХНЕГО ДОНА, ТУЛЬСКАЯ ОБЛАСТЬ)**

Е. М. Волкова*, О. В. Бурова, Е. Ю. Новенко*****

* Тульский педагогический университет им. Л. Н. Толстого, Тула, convallaria@mail.ru

** Государственный военно-исторический и природный музей-заповедник «Куликово поле», Тула,
burova@kulpole.tula.net

*** Институт географии Российской Академии наук, г. Москва, lenanov@mail.ru

В статье представлены результаты комплексных исследований Большеберезовского болота (Богородицкий район, Тульская область), позволяющие реконструировать этапы развития болотной экосистемы, гидрологический режим и динамику ландшафтов северной лесостепи в позднем голоцене. Рассмотрены данные геоморфологического положения болота, структура современной растительности, результаты ботанического и спорово-пыльцевого анализа торфа.

Введение

Эволюция ландшафтов северной лесостепи Среднерусской возвышенности в голоцене и история её освоения уже долгое время остается одной из важных и интересных научных проблем. Являясь экотопом между лесной и степной растительностью Восточно-Европейской равнины, лесостепная зона особенно чутко реагирует на климатические изменения. Пограничное положение территории между зонами широколиственных лесов и степи обуславливает формирование разных типов болот, среди которых некоторые (сфагновые олиго- и мезотрофные) находятся близ южной границе своего распространения. По таким болотам многие бореальные виды продвигаются на юг, значительно расширяя свой ареал. Это позволяет рассматривать эти экосистемы как центры биологического разнообразия [1, 2].

Большеберезовское болото (N 53.661612 E 38.584223), расположенное в Богородицком районе Тульской области, – уникальный объект для палеогеографических исследований. Торфяная залежь болота, которая по данным Н. А. Хотинского [3] начала формироваться в позднеатлантическую фазу голоцена, позволяет реконструировать этапы развития болотной экосистемы, охарактеризовать гидрологический режим и структуру растительности, а также оценить динамику окружающих ландшафтов. Решением Тульского облисполкома №6 от 28.03.1990 Большеберезовское болото объявлено Государственным памятником природы местного значения [4].

Объект и методы исследования

Большеберезовское болото расположено на правом берегу р. Непрядва в 300 метрах юго-восточнее деревни Большая Березовка и имеет площадь 2,9 га (площадь ООПТ совместно с окружающими луговыми ценозами – 17,0 га.). Правобережный участок долины здесь представлен расширенным участком поймы (до 300–400 м), где хорошо выражены ее низкий, средний и высокий уровни. Поверхность поймы осложнена старичными понижениями, а также формами существовавшей некогда дренажной системы (линейно вытянутыми рвами и валами). К формам микрорельефа, осложняющим ровную поверхность поймы, можно отнести кочкарники (осока дернистая). Болотный комплекс приурочен к среднему уровню поймы, занимая одно из старичных понижений. Пойма примыкает к крутому коренному берегу, осложненному эрозионными формами – полукруглыми короткими балочными ложбинами, прорезающими склон на всем протяжении и хорошо выраженным у его подножья уступом – делювиальным шлейфом.

Питание осуществляется водами р. Непрядва и грунтовыми водами, выходящими на поверхность в основании коренного берега.

Современный растительный покров представлен камышовым, камышово-хвощовым, манниковым, осоковым, таволгово-осоковым и щучково-хвощовым сообществами по окрайкам, березово-тростниковым и ивово-травяным фитоценозами в центре болота. Флористический состав болота насчитывает более 70 видов сосудистых растений и мохообразных. Следует отметить произрастание хелодия Бландова *Helodium blandowii* – редкого субарктического мха, произрастающего вблизи южной границы ареала, а также бодяка съедобного *Cirsium esculentum* – редкого степного галофитного вида, находящегося на северной границе своего ареала. Кроме того, в выработанной центральной части обнаружены дернины осоки сближенной *Carex appropinquata* – охраняемого растения Тульской области [5]. Как видно, положение болота обеспечивает совместное произрастание разных по экологии и распространению видов растений, что позволяет рассматривать данную экосистему как центр биологического разнообразия. О разнообразии растительности и динамики окружающих болото ландшафтов на протяжении позднего голоцена позволяет судить строение торфяной залежи, ее ботанический состав и споро-пыльцевые спектры.

Обсуждение результатов

Торфяная залежь Большеберезовского болота имеет максимальную глубину близ южного края, у коренного берега – 2,3 м. Залежь однородна по строению и образована тростниковым торфом. Детальное изучение состава растительных остатков позволяет реконструировать развитие болота.

Заболачивание началось в центральной части старичного понижения поймы р. Непрядва, имевшего глубину более 2 м и подстилаемого глинистыми озерными отложениями. Высокое увлажнение обеспечило, начиная с ранних этапов развития, доминирование в растительном покрове тростника. В нижней части залежи до глубины 110 см в составе торфа встречаются остатки древесных пород (береза, ольха, ива), их доля не превышает 15–30 %. Выше торф образован остатками трав, где наряду с тростником присутствуют хвощ, папоротники, вейник, осоки (*Carex cespitosa*), белокрыльник, а также гипновые мхи, доля которых в торфе не превышает 5–10 %. Степень разложения такого торфа достаточно высока – 35–55 %. Однако, верхний горизонт (0–10 см) залежи представлен травяным низинным торфом с участием не только тростника, но и других травянистых растений, внедрившихся после осушения центральной части болота. Степень разложения такого торфа – 60–65% (табл. 1).

Таким образом, торфяная залежь является однородной, что свидетельствует о стабильном гидрологическом режиме в ходе развития болота. Некоторые изменения ботанического состава обусловлены, в первую очередь, влиянием дренажа в верхней части залежи.

По предварительным данным палинологических и карпологических исследований торфяной залежи Большеберезовского болота и опубликованным данным спорово-пыльцевого анализа и радиоуглеродного датирования разрезов поймы р. Непрядвы и Дона, образцы которых были отобраны на расстоянии нескольких километров от болота, проведена реконструкция динамики растительности окружающих ландшафтов позднего голоцена [6].

Результаты ботанического анализа торфа Большеберезовского болота (центр)

Глубина, м	Степень разложения, %	Ботанический состав	Вид торфа
0–10	60–65	Кора <i>Salix</i> – 5, хвощ – 15, папоротник – 25 тростник – 40, гипновые мхи – 15	Травяной низинный
10–20	25–30	Кора <i>Salix</i> – 2, вейник – 10, тростник – 75 др. травы – 3, гипновые мхи – 10	Тростниковый
20–30	35–40	Древесина лиственных – 7, кора <i>Salix</i> – 3, папоротник – 5, хвощ – 5, вейник – 5, тростник – 60, осока (<i>C. canescens</i>) – 10, гипновые мхи – 5	Тростниковый
30–40	45–50	Папоротник – 15, тростник – 70, осока – 10, гипновые мхи – 5	Тростниковый
40–50	55	Папоротник – 15, хвощ – 5, тростник – 70, осока – 5, гипновые мхи – 5	Тростниковый
50–60	55–60	Папоротник – 15, тростник – 50, осока – 15, др. травы – 15, гипновые мхи – 10	Тростниковый
60–70	35–40	Тростник – 95, др. травы – 5	Тростниковый
70–80	35–40	Тростник – 95, осока – 5	Тростниковый
80–90	35–40	Папоротник – 15, вейник – 3, тростник – 80 осока +, гипновые мхи – 2	Тростниковый
90–100	45	Папоротник +, вейник – 2, тростник – 90 осока (<i>C. cespitosa</i>) – 5, гипновые мхи – 3	Тростниковый
100–110	45	Папоротник – 15, тростник – 85, гипновые мхи +	Тростниковый
110–140	50–55	Древесина лиственных – 30, хвощ – 6, белокрыльник – 2, тростник – 60, гипновые мхи – 2	Древесно-тростниковый
140–150	25–30	Древесина лиственных – 30, тростник – 70	Древесно-тростниковый
150–190	55–60	Древесина лиственных – 15, тростник – 85, др. травы +	тростниковый
190–200	40–45	Древесина лиственных – 15, кора <i>Alnus</i> +, <i>Salix</i> – 5, хвощ – 3, тростник – 70, белокрыльник – 1 Др. травы – 6	Тростниковый
200–230	50	Древесина лиственных – 15, Древесина <i>Alnus</i> + Кора <i>Betula</i> – 2, Кора <i>Salix</i> – 3, Хвощ +, Тростник – 75, др. травы – 5	Тростниковый
Ниже		Глина	

В атлантическое время на рассматриваемой территории были распространены лесостепные ландшафты. Лесная растительность была представлена березовыми сообществами с участием дуба, вяза и липы, в пойме были распространены ольшаники. На водораздельных пространствах господствовали луговые степи, на более увлажненных участках существовали луга. В начале суббореального времени участие древесных растений сократилось и открытые степные ландшафты стали доминирующими в бассейне Верхнего Дона. Для субатлантического периода полученные данные позволяют реконструировать мозаичный растительный покров, состоящий из луговых степей, лугов и небольших участков лесов с участием широколиственных пород. Начиная с середины 18-го века, естественные растительные сообщества постепенно были уничтожены, и их место заняли сельскохозяйственные ландшафты.

Литература

1. Волкова Е. М. Особенности болотообразовательного процесса на северо-востоке Среднерусской возвышенности // Мат-лы XII съезда Русского ботанического общества и Всерос-

- сийской конференции «Фундаментальные проблемы ботаники в начале XXI века» (22–27 сент. 2008г.). – Петрозаводск, 2008. – С. 49–51.
2. Волкова Е. М. Роль болот в сохранении флористического и фитоценотического разнообразия Тульской области // 3 всероссийская школа-конференция «Актуальные проблемы геоботаники». Часть 1. – Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2007. – С. 116–121.
 3. Khotinsky N. A.. Anthropogenic changes in the landscapes of the Russian Plain during the Holocene // Grana. – 1993. – Suppl.2. – P. 70–74.
 4. Красная книга: Особо охраняемые природные территории Тульской области – Тула: Гриф и К., 2007. – 316 с.
 5. Волкова Е. М. О развитии некоторых болот бассейна Верхнего Дона // Верхнее Подонье: Природа. Археология. История. Вып. 2: Сб. статей в 2 т. Т. 1. Природа. Археология / под ред. А. Н. Наумова. – Тула: Гос. Музей-заповедник «Куликово поле», 2007. – С. 40–45.
 6. Novenko E. Yu., Glasko M. P., Burova O. V. Landscape-and-climate dynamics and land use in Late Holocene forest-steppe ecotone of East European Plain (upper Don River Basin case study) // Quaternary International. – 2009. – Vol. 203. – P. 113–119.

RECONSTRUCTION OF LANDSCAPE DYNAMICS IN THE NORTHERN FOREST STEPPE BY RESULTS OF COMPLEX STUDY OF BOLSHEBERESOVSKOYE MIRE (UPPER DON RIVER BASIN, TULA REGION)

E. M. Volkova, O. V. Burova, E. Yu. Novenko

The paper represents results of complex study of Bolsheberesovskoye mire (Tula region) these allow us to reconstruct the stages of mire development, hydrological regime of ecosystem and landscape dynamics in the northern forest steppe. New data of geomorphologic position and modern plant communities of mire, the results of plant macrofossil and pollen analysis have been discussed ed, and also bed silt, water and peat.

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ВОДНО-БОЛОТНОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ ЗАБОЛОЧЕННОЙ ПОЙМЫ РЕКИ ПСЁЛ

А. В. Галяс

Курский государственный университет, galasart@gmail.com

*Проведено изучение заболоченных участков поймы в верхнем течении реки Псел. Изучен состав и структура сообществ водно-болотных растений, определены их основные экологические и геоботанические характеристики. Получены данные о накопления и распределения цинка, кадмия, свинца и меди в отдельных частях и органах *Sparganium emersum* Rehm., а также илах, воде и торфяных отложениях.*

Введение

Вопросы экологии пойменных болотных экосистем, сочетающих в себе признаки экотопов пойм и болот, имеют особый научный интерес, связанный с их высоким своеобразием, специфичностью и динамичностью, а также практической значимостью пойменных угодий [1–3]. Важнейшими компонентами этих экосистем являются высшие растения (макрофиты), продуцирующие органическое вещество, выполняющие средообразующую роль в водно-болотных биогеоценозах, создающие кормовую базу и места обитания для многих организмов [1, 3–5]. Макрофиты оказывают влияние на свойства воды, илов и торфа, а их фитоценозы отражают особенности режима водно-болотных объектов, характеризуют специфику их химизма и трофический статус [4–6].

Растительность болотистых пойм Курского региона плохо изучена. Некоторые сведения о ней получены в ходе флористических исследований [7–11]. Ряд данных о водно-болотных растениях пойм также получен при составлении списка флоры области [12–15].

Характеристика района исследований

Материалы нашего исследования, проведенного в сентябре 2009 года, относятся к верхнему течению реки Псел на приграничной территории между Курской областью России и Сумской областью Украины. Участок заболоченной поймы правого берега реки Псел находится в окрестностях с. Уланок Суджанского района Курской области. Географические координаты: 35°20' в.д., 51°08' с.ш. Высота над уровнем моря – 166–167 м.

Исследуемая местность находится в пределах лесостепной зоны, располагаясь на юго-западных отрогах Среднерусской возвышенности. Местность отличается умеренно-теплым климатом при значительном количестве осадков (575 мм) и не очень холодной зимой с оттепелями. Средняя температура января – минус 7,5 °С, июля – плюс 19,5 °С.

В месте исследования русло реки Псел слабоизвилистое, с перекатами, имеет ширину поймы от 1 до 2,5 км при ширине русла около 50–75 м. Основная скорость течения 0,2–0,4 м/с. Преобладают глубины до 3-х м, максимальные – до 5 м.

Долина реки хорошо разработанная, рельеф прилегающей местности равнинный, слегка полого-всхолмленный, с обширной луговой и лесной поймой, изобилующей старицами, болотами, лугами и заболоченными лесами. Ширина поймы 2–5 км. Левый берег пологий, местами очень заболоченный. В низменностях левобережья с близким залеганием грунтовых вод растут ольшанники, а на открытой местности – растительность, характерная для пойменных лугов и эвтрофных болот. Правый берег более возвышенный. На правобережье характерна древесно-кустарниковая растительность и суходольные луга.

На данном довольно небольшом участке поймы сложился богатый и разнообразный комплекс природных биотопов, имеющий сравнительно хорошую степень сохранности. Здесь размещаются обширные заливные разнотравно-злаковые луга, по понижениям обычны пойменные тростниковые болота, черноольхошаники и заросли ивняков.

Почвы пойменной территории суглинистого и тяжелосуглинистого механического состава с хорошо выраженным темно-серым гумусовым слоем и признаками оглеения. Поверхностный слой почвы богат на растительные остатки (мортмассу). На заболоченных участках отмечено наличие хорошо разложившегося осоково-рогозового торфа.

Изученные болота малого размера, непроточные, находятся в пойме реки в 30–70 м от берега. Относятся к низинному эвтрофному типу, глубина стояния воды до 30 см.

Объекты и методы исследований

Для оценки речных донных отложений (илов) и торфа пойменных болот измеряли мощность их залежей, определяли степень разложения и состав, отбирали осредненные пробы для камерального анализа влажности, зольности и общих форм тяжелых металлов [16, 17]. Также для исследования брали пробы воды из реки и пойменных болот.

Основным растительным объектом исследования был ежеголовник всплывающий *Sparganium emersum* Rehm. (*S. simplex* Huds.). Кроме этого, в естественных границах проводили описание болотного участка поймы реки Псёл на наиболее однородных и типичных участках основных сообществ, без закладки учетных площадей и трансект [18]. Определение видовой принадлежности растений производили в основном по Губанову и Лисицыной [19, 20]. Видовую принадлежность осок уточняли согласно Алексееву [21].

В ходе исследований проводили определение типа растительных ассоциаций, оценивали жизненность растений в фитоценозах, общее проективное покрытие, особенности размещения и обилие видов [22–24]. На пробных участках размером 1×1 м находили плотность растений путем подсчета количества побегов, измеряли основные морфометрические показатели и отбирали образцы для определения массы сырого и абсолютно сухого вещества (после прокаливании при 105 °С), зольности и общих форм тяжелых металлов [5, 17].

Определение зольности у растений, донных и торфяных отложений проводили в трех параллельных пробах, путем озольнения в муфельной печи при 500 °С [17].

Подготовку проб растительных образцов, воды, илов и торфа для определения концентрации общих форм тяжелых металлов (Zn, Cd, Pb и Cu) делали путем их разложения с азотной кислотой и пергидролем. Определение тяжелых металлов проводили методом инверсной вольтамперметрии на вольтамперометрическом анализаторе ТА-4 с использованием государственных стандартных образцов и аттестованных методик.

Результаты и их обсуждение

Вода в реке Псёл бесцветная, прозрачная, без заметной опалесценции, с очень слабым запахом естественного происхождения. Вода пойменных болот светло-коричневого цвета, мутная, с заметной опалесценцией и отчетливым, обращающим на себя внимание, болотно-землистым запахом. Установлено, что в болотной воде концентрация некоторых тяжелых металлов значительно меньше, чем в речной (табл. 1).

Таблица 1

Свойства исследованной вод

Объект исследования	Взвешенные вещества, мг/дм ³	Жесткость, мгхэв/дм ³	Минерализация, мг/дм ³	Концентрация металлов, мг/дм ³			
				Zn	Cd	Pb	Cu
р. Псёл	10,6	3,7	0,5	0,350	0,0020	0,017	0,015
Пойменное болото	24,9	2,4	0,4 г	0,320	0,0009	0,004	0,005
ПДКвр	–	–	–	0,010	0,0005	0,010	0,001

Мощность донных отложений у берегов реки Псёл небольшая – от 0,10 до 0,20 м. Они имеют высокую степень разложения, черно-серый цвет, мягкую консистенцию и илистую мелкофракционную структуру с редкими включениями крупных частиц –

остатков растений и беспозвоночных, в т.ч. раковин моллюсков. По нашим данным, в речных илах содержание тяжелых металлов значительно выше, чем торфе пойменных болот (табл. 2).

Таблица 2

Некоторые свойства исследованных донных и торфяных отложений

Объект исследования	Зольность, %	Влажность, %	Концентрация металлов, мг/кг			
			Zn	Cd	Pb	Cu
Донные отложения	27	74	16,460	0,108	4,307	3,801
Торфяные отложения	14	86	9,525	0,092	7,320	2,037
ПДК (Pb) и ОДК (Cd, Zn и Cu) в почвах	—	—	220,0	2,0	32,0	132,0

Глубина торфяной залежи пойменных болот колеблется от 0,30 до 0,50 м. Образцы торфа высокой степени разложения, имеют темно-серо-коричневый цвет, ленточно-слоистой структуру с мелковолокнистыми включениями. Заметны отдельные трудноразличимые остатки корневищ тростника и, выраженных на изломе, корешков осок. Это позволяет говорить о ботаническом составе торфа как тростникового с примесью осок и классифицировать его как торф тростниково-осокового вида травяной группы топяного подтипа низинного типа [16]. Высокая степень разложения и зольность (см. табл. 2) определены периодическим затоплением и привносом с речной водой органоминеральных примесей [4, 16].

Основное растительное сообщество исследованных пойменных болот – ассоциация тростника обыкновенного с различными видами осок (*Phragmites communis caricosum*). Флористический состав фитоценоза включает 12 видов высших растений, принадлежащих к пяти семействам (Polygonaceae, Sparganiaceae, Poaceae, Cyperaceae и Typhaceae).

Основной фон в исследованных пойменных болотах образует *Phragmites communis*, среди которого растут различные виды рода *Carex*, изредка образующие чистые группы. На более увлажненных участках встречаются в виде вкраплений в основной фон *Sparganium emersum*, *Typha angustifolia* и *T. latyfolia*, а также небольшими группами *Scirpus lacustris*. Спорадически встречаются единичные экземпляры *Rumex hydrolapathum*.

Установлены основные экологические характеристики найденных нами видов, а также биомасса их сырого и сухого вещества (табл. 3).

Таблица 3

Экологические характеристики, а также масса сырого и сухого вещества некоторых видов

Вид	Общее проективное покрытие, %	Обилие, по Друде	Жизненность, по Воронову	Сырое вещество, г	Сухое вещество г
				в пересчете на одно растение	
<i>Carex acuta</i> L.	10–25	Cop.1	3b	42	14,8
<i>Carex cespitosa</i> L.	25–50	Cop.2	3a	26	5,9
<i>Carex pseudocyperus</i> L.	5–10	Sp.	2	34	11,7
<i>Carex riparia</i> Curt.	25–50	Cop.3	3a	53	18,8
<i>Carex rostrata</i> Stokes	1–5	Sol.	3a	44	15,3
<i>Carex vesicaria</i> L.	5–10	Sp.	3b	36	12,7
<i>Phragmites communis</i> Trin.	>75	Soc.	3a	78	24,2
<i>Rumex hydrolapathum</i> Huds.	<1	Un.	3a	832	133,5
<i>Scirpus lacustris</i> L.	5–10	Sp. Gr.	2	162	49,9
<i>Typha angustifolia</i> L.	1–5	Sol.	3b	170	28,8
<i>Typha latyfolia</i> L.	5–10	Sp.	2	575	100,3

Определено, что *Sp. emersum* произрастает рассеянно по всей площади исследованного пойменного болота, не образуя заметных скоплений. Чаще всего *Sp. emersum* произрастает рядом с *Typha angustifolia* L. Общее проективное покрытие *Sp. emersum* менее 10 %.

Вид имеет обилие по Друде – *Sp.* (рассеяно) [26]. Жизненность по Воронову – 36 [25]. Плотность – 4 побега на м², биомасса – 0,367 кг сухого вещества на 1 м².

Исследования показали, что концентрация тяжелых металлов в *Sp. emersum* колеблется от 0,002 до 18,913 мг на кг сухого вещества (табл. 4), что в целом не превышает среднего фоновое содержание тяжелых металлов в водных растениях [6, 25].

Наибольшая концентрация металлов характерна для корневой системы и многолетней части стебля (донце), а наименьшая – для плодов и листьев *Sp. emersum*. По нашему мнению это связано с механизмами, препятствующими транспорту тяжелых металлов в ассимилирующие и генеративные части растения, а также поглощением металлов корневой системой [25]. Как мы видим, особенно активно этот механизм действует для кадмия, содержание которого в листьях и плодах в 5–7 раз меньше среднего содержания в целом по растению и более чем в 10 раз меньше его содержания в корнях и корневищах.

Таблица 4

Масса, влажность и зольность растения ежеголовника, и содержание в нем тяжелых металлов

Объект исследования	Сырое вещество, г в пересчете на одно растение	Сухое вещество, г	Влажность, %	Зольность, %	Концентрация металлов, мг/кг			
					Zn	Cd	Pb	Cu
Плоды	13,7	3,125	77,2	5,3	6,646	0,006	0,140	1,769
Генеративный побег	106,9	8,580	92,0	9,8	8,391	0,026	0,202	3,046
Донце	52,1	11,622	77,7	27,3	14,261	0,071	0,837	4,127
Листья в целом	507,2	42,429	91,6	9,2	6,572	0,003	0,070	1,957
Верхняя часть листа	18,2	3,576	80,4	7,9	6,597	0,003	0,071	2,001
Средняя часть листа	353,0	31,35	91,1	9,2	5,085	0,002	0,070	1,957
Нижняя часть листа	136,0	7,503	94,5	9,8	5,417	0,002	0,054	1,956
Корни	49,2	3,387	93,1	34,6	18,913	0,081	1,260	4,738
Корневища	76,4	11,045	85,5	16,4	12,782	0,062	0,764	3,264
Молодые побеги	5,2	0,407	92,2	3,1	17,323	0,004	0,031	5,147
Растение в целом	964,6	91,675	90,5	13,2	10,617	0,025	0,332	3,272

Отмечена избирательная аккумуляция меди в молодых побегах *Sp. emersum*, а также относительно повышенное содержание в них цинка (почти в 2 раза, сравнительно растения в целом) при понижении уровня содержания кадмия (в 6 раз) и свинца (в 10 раз). В листовой пластинке *Sp. emersum* тяжелые металлы распределяются относительно равномерно. Но, в тоже время, несколько более высокое содержание цинка отмечено в верхней, а свинца в нижней, подводной части листовой пластинки.

Выводы

Определены гидрохимические и гидробиологические показатели воды, донных и торфяных отложений, что позволяет установить уровень загрязнения пойменно-болотных экосистем верхнего течения реки Псёл.

Получены базовые данные о видовом и ценоотическом составе пойменной болотной экосистемы, структуре и основных эколого-ботанических характеристиках сообществ водно-болотных растений.

Определенно также содержание тяжелых металлов в растениях *Sp. emersum*. Полученные данные показывают наличие существенных различий в аккумуляции и распределении цинка, кадмия, меди и свинца в частях и органах *Sp. emersum*. В частности, обнаружено накопление цинка и свинца в корневищах, корнях и многолетней части стебля, а также понижение их содержания, в особенности кадмия и свинца, в плодах и листьях. Выявлена избирательная аккумуляция меди и цинка в молодых побегах *Sp. emersum*.

Литература

1. Липатова В. В. Растительность пойм // Растительность европейской части СССР. – Л.: Наука, 1980. – С. 346–372.
2. Боч М.С., Мазинг В.В. Экосистемы болот СССР. – Л.: Наука, 1979. – 188 с.
3. Миркин Б. М. Закономерности развития растительности речных пойм. – М.: Наука, 1974. – 174 с.
4. Хмелев К.Ф. Закономерности развития болот во взаимодействии с окружающей // Значение болот в биосфере. – М.: Наука, 1980. – 176 с.
5. Садчиков А.П., Кудряшов М.А. Гидробиотика: Прибрежно-водная растительность. – М., 2005. – 240 с.
6. Кроткевич П.Г. Роль растений в охране водоемов. – М.: Знание, 1982. – 64 с.
7. Захарова В. Н. Заторфованные и заболоченные угодья пойм рек Курской области и приемы их улучшения // Учен. зап. Курск. гос. пед. ин-та. – 1966. – Т. 23. – С. 186–200.
8. Захарова В.Н. Растительность торфянистых лугов поймы р. Сейм // Учен. зап. Курск. гос. пед. ин-та. – 1967. – Вып. 34. – С. 52–62.
9. Захарова В.Н. Растительность пойменных болот окрестностей с. Горналь и с. Успенки Курской области // Науч. тр. Курск. гос. пед. ин-та. – Т.69 (162). – 1976. – С. 53–58.
10. Золотухин Н. И., Золотухина И. Б. Редкие виды сосудистых растений на участке «Пойма Псла» Центрально-Черноземного заповедника // Флора и растительность Центрального Черноземья. – Курск, 2002. – С. 11–12.
11. Золотухин Н. И., Золотухина И. Б. Адвентивные и интродуцированные растения участка «Пойма Псла» Центрально-Черноземного заповедника // Проблемы изучения адвентивной и синантропной флоры в регионах СНГ. – М; Тула, 2003. – С. 49–50.
12. Алехин В. В. Растительность Курской губернии. – Курск: Сов. деревня, 1926. – 22 с.
13. Падеревская М. И. Список флоры Курской области. – Курск: КГПИ, 1979. – 108 с.
14. Прудник Н. А. Сосудистые растения Курской области. – Курск: КГПИ, 1996. – 70 с.
15. Полуянов А. В. Флора Курской области. – Курск: КГУ, 2005. – 264 с.
16. Тюремнов С. Н. Торфяные месторождения. – М., 1976. – 487 с.
17. Дурынина Е. П., Егоров В. С. Агрохимический анализ почв, растений, удобрений. – М., 1998. – 113 с.
18. Юннатов А. А. Выбор пробных площадей и заложение экологических профилей // Полевая геоботаника. – Т. 3. – Л.: Наука, 1964. – 530 с.
19. Определитель сосудистых растений центра европейской России/ Губанов И. А. [и др.]; 2-е изд., доп. и перераб. – М.: Аргус, 1995. – 762 с.
20. Лисицына Л. И. Папченков В.Г. Флора водоемов России: Определитель сосудистых растений. – М.: Наука, 2000. – 237 с.
21. Алексеев Ю. Е., Новиков В. С. Определитель осок средней полосы Европейской части СССР по вегетативным органам. – М.: Наука, 1971. – 80 с.
22. Понятовская В. М. Учет обилия и особенности размещения видов в естественных растительных сообществах // Полевая геоботаника. – Т. 3. – Л.: Наука, 1964. – 530 с.
23. Воронов А. Г. Геоботаника. – М.: Выс. шк., 1973. – 382 с.
24. Drude O. Die Ekologie der Pflanzen. – Braunschweig, 1913. – 251 p.
25. Дикиева Д. М., Петрова И. А. Химический состав макрофитов и факторы, определяющие в них концентрацию минеральных веществ // Гидробиологические процессы в водоемах. – Л.: Наука, 1983. – С. 107–213.

THE ECOLOGICAL CHARACTERISTIC OF THE HELOPHYTES VEGETATION IN THE PSYOL RIVER BOGGY BOTOMLAND

A. V. Galyas

In 2009 studying of boggy fields of a bottomland in upper river of Psyol. During researches the compound and frame of assemblages of hydrophytes have been studied, their ecological and geobotanical characteristics are defined. Data about accumulations and allocations of zinc, cadmium, lead and copper in separate parts and members Sparganium emersum are obtained, and also bed silt, water and peat.

ДЕСТРУКЦИЯ РАСТИТЕЛЬНОГО ВЕЩЕСТВА В ТОРФЯНОЙ ЗАЛЕЖИ КИРСАНОВСКОГО БОЛОТА¹

Е. А. Головацкая*, Л. Г. Абзалимова**, Е. В. Порохина**

*Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН, Томск, golovatskaya@imces.ru,

**Томский государственный педагогический университет, Томск, botanik@tspu.ru

Приведены экспериментальные данные по разложению растений-торфообразователей в торфяной почве олиготрофного болота. Дана количественная оценка скорости разложения основных видов-торфообразователей, выноса углерода при разложении. Выявлено, что в течение первого года разложения происходит накопление азота в растительных остатках.

Изучение процессов трансформации органического вещества приобретает большое значение в связи с изменением климата и возрастанием уровня антропогенного воздействия на природные экосистемы. Знание количественных характеристик круговорота элементов в болотных экосистемах необходимо для изучения механизмов их устойчивости и продуктивности и обоснования прогноза эволюции болотных экосистем в связи с изменением экологической обстановки. В болотных экосистемах происходит постоянный обмен минеральными элементами между растениями и торфяной почвой. Темпы разложения растительных остатков и высвобождения из них элементов питания зависят от индивидуальных особенностей химического состава растений и условий, в которых эти процессы протекают. Болотные экосистемы характеризуются более низкими, по сравнению с продуктивностью, скоростями трансформации органического вещества растений, за счет чего и происходит постоянное накопление органического вещества в виде торфа. Целью работы является изучение скорости разложения растительных остатков растений-торфообразователей в олиготрофной торфяной почве болотных экосистем южнотаежной подзоны Западной Сибири.

Объекты и методы исследований

Для определения скорости разложения растений-торфообразователей применялся метод закладки растительности в торф [1]. Для этого в августе-сентябре 2008 г. на болоте были собраны свежие растения, характерные для сосново-кустарничково-сфагнового фитоценоза и осоково-сфагновой топи Кирсановского болота (всего 11 видов, табл. 2). У кустарничков для эксперимента брали листья. Растительный материал был высушен в лабораторных условиях и развешен в нейлоновые мешочки (масса навески 3–6 г). Подготовленные мешочки с растительным материалом закладывали в торфяную залежь на глубину 10 см от поверхности в конце вегетационного периода (сентябрь 2008 г.). Повторность опыта – 3-х кратная. Образцы были извлечены в сентябре 2009 г. В исходных образцах и после эксперимента разложения определяли убыль массы растительного вещества весовым методом, а также изменение зольности, содержания углерода и азота по общепринятым методикам. Статистическая обработка данных проводилась при помощи программы Excel.

Образцы были заложены в торфяной залежи сосново-кустарничково-сфагновом фитоценозе (ряме) и осоково-сфагновом фитоценозе Кирсановского болота расположенного в Томском районе Томской области (табл. 1).

Погодные условия периода исследований

Среднесуточная температура воздуха зимой 2008–2009 г. опускалась до –35,1 °С в Томске (12.02.2009). Максимальная высота снежного покрова (81 см), по данным метеостанции Томск, наблюдалась 19.02.2009. Полное разрушение снежного покрова заверши-

¹ Работа выполнена при частичной финансовой поддержке РФФИ (08-05-00426а, 08-05-92501).

лось 13.04.2009. Продолжительность снежного периода зимой 2008–2009 гг. составила 153 дня. В Томске летнее количество осадков составило 226 мм. Продолжительность бес-снежного периода – 175 дней. Сумма активных температур (выше 10 °C) и гидротермический коэффициент (ГТК) характеризуют тепло- и влагообеспеченность вегетационного периода территории. В Томском районе сумма активных температур составила 1757 °C, а ГТК равен 1,5 (умеренно прохладный и влажный вегетационный период).

Таблица 1

Характеристика растительного покрова исследуемых олиготрофных фитоценозов Кирсановского болота

Рям – сосново-кустарничково-сфагновый фитоценоз			
Pinus silvestris L. (90 %)	Ledum palustre L. Chamaedaphne calyculata (L.) Moench Vaccinium vitis-idea L. Vaccinium oxycoccus L. (90 %)	Eriophorum vaginatum L. Rubus chamaemorus L. (15 %)	Sphagnum fuscum (Schmp.) Klinggr. Sph. angustifolium (Russ. Ex Russ.) C. Jens Sph. magellanicum Brid. (96 %)
Осоково-сфагновая топь			
–	Andromeda polifolia L. (30 %)	Eriophorum vaginatum L. Carex rostrata Stokes. Carex limosa L. Scheuchzeria palustris L. Menyanthes trifoliata L. (50 %)	Sph. angustifolium (Russ. Ex Russ.) C. Jens Sph. magellanicum Brid. (30 %)

Результаты и обсуждение

Исследуемые растения можно разделить на 3 группы по видовому составу и химическому составу. Сфагновые мхи характеризуются самым низким содержанием углерода и азота, и самым высоким отношением C/N, а также являются самыми низкозольными среди изучаемых растений (табл.1). У кустарничков отмечается самое высокое содержание углерода (C – 49,69 %), среднее содержание азота (N – 1,24 %) и отношение C/N (40,35) и средняя зольность (A – 2,48 %). Для трав характерна максимальная зольность, высокое содержание азота, среднее содержание углерода и минимальное отношение C/N (табл. 2).

Таблица 2

Химический состав исходных образцов растительного вещества

Вид растения	Содержание C, %	Содержание N, %	C/N	Зольность, %
Andromeda polifolia L.	49,47	1,15	43,0	2,62
Ledum palustre L.	50,33	1,27	39,6	2,61
Chamaedaphne calyculata (L.) Moench.	50,33	1,38	36,5	2,53
Vaccinium vitis-idea L.	49,06	1,04	47,2	2,40
Sphagnum angustifolium (Russ. Ex Russ.)	38,91	0,81	48,0	2,18
Sph. Magellanicum (Brid.)	40,60	0,58	70,0	2,95
Sphagnum fuscum (Schmp.) Klinggr.	39,33	0,46	85,5	1,09
Rubus chamaemorus L.	41,87	1,38	30,3	4,01
Menyanthes trifoliata L.	43,14	2,30	19,0	6,51
Carex rostrata Stokes.	41,87	1,15	36,4	3,63
Scheuchzeria palustris L.	43,98	1,15	38,2	4,32
Eriophorum vaginatum L.	45,25	1,04	43,5	2,29

В ходе эксперимента установлено, что в целом потери массы растительного вещества за год составили от 4 % (*Sph. fuscum*) до 71 % (*Menyanthes trifoliata*). Среди сфагновых мхов наиболее быстро разлагается *Sphagnum angustifolium* (48 %), что соответствует литературным данным [2]. Потери массы листьев кустарничков составили 27–32 % (рис. 1). При этом наиболее медленно разлагаются листья *Chamaedaphne calyculata*. Потеря массы

трав за год составила 24–71 % (рис. 1). Среди трав низкая скорость разложения отмечается для *Eriophorum vaginatum*. Таким образом, исследуемые растения-торфообразователи по скорости разложения можно расположить следующим образом: в торфяной залежи осоково-сфагновой топи *Menyanthes trifoliata* > *Scheuchzeria palustris* > *Carex rostrata* > *Andromeda polifolia* > *Eriophorum vaginatum*; в торфяной залежи рям *Sphagnum angustifolium* > *Rubus chamaemorus* > *Sphagnum magellanicum* > *Vaccinium vitis-idea* > *Ledum palustre* > *Chamaedaphne calyculata* > *Sphagnum fuscum*.

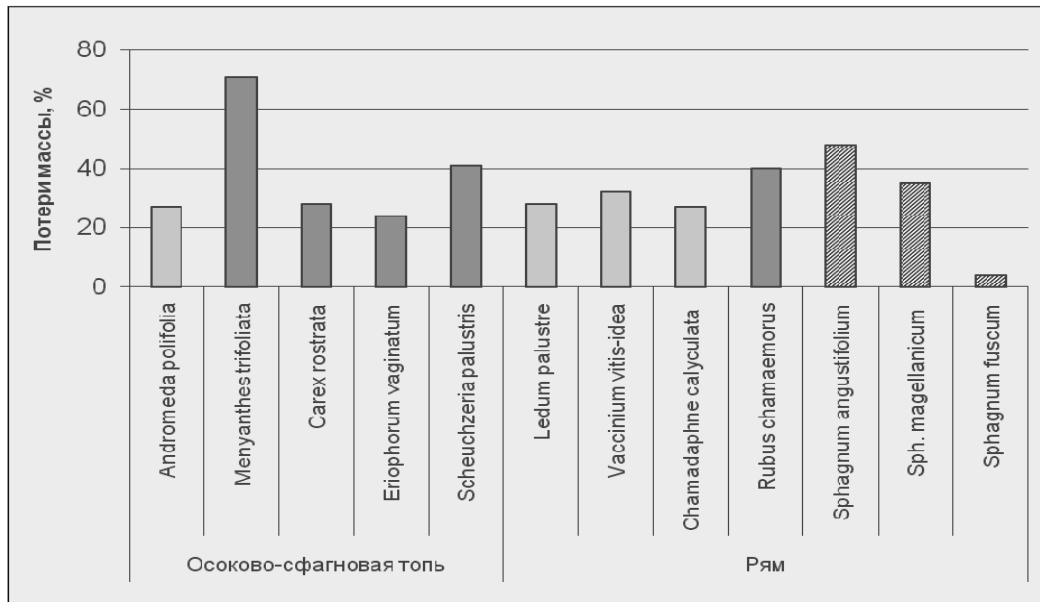


Рис. 1. Потери массы при разложении растений-торфообразователей (в % от исходного веса)

В процессе разложения растительных остатков происходит вынос углерода, азота и зольных элементов. За год эксперимента минимальные потери углерода наблюдаются у *Sphagnum fuscum* (рис. 2), а максимальные потери углерода получены для *Menyanthes trifoliata* (71 %). Вынос углерода из растительных остатков кустарничков составляет от 27 % (*Chamaedaphne calyculata*) до 35 % (*Vaccinium vitis-idea*).

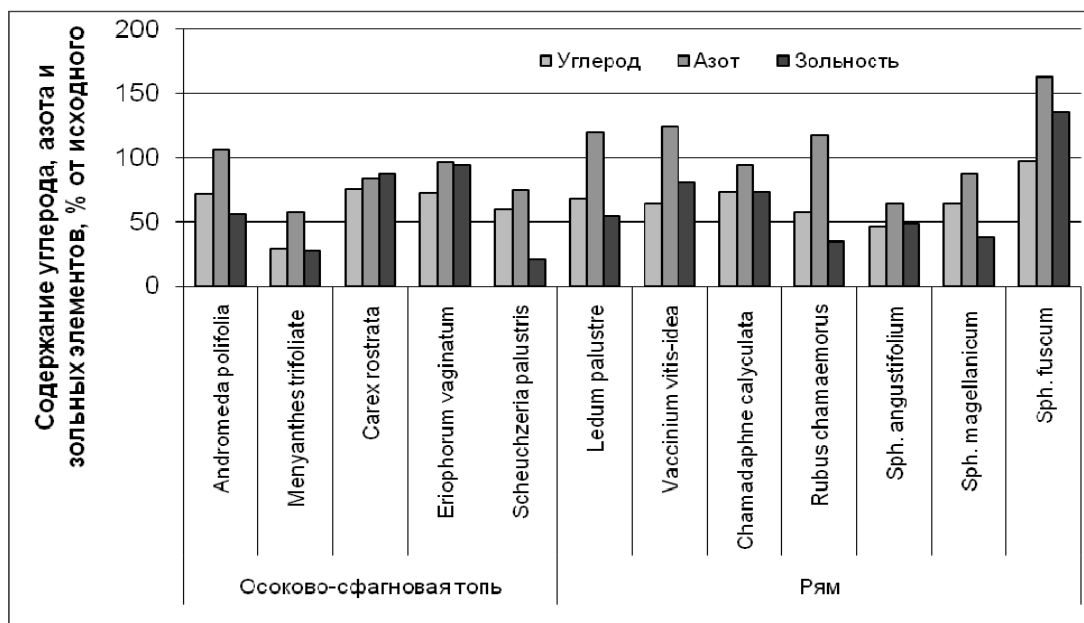


Рис. 2. Изменение содержания азота и углерода в растительных остатках при разложении (по отношению к исходному количеству)

В процессе разложения растительных остатков может происходить как минерализация азота, так и иммобилизация (накопление) азота в растительных остатках. Наши исследования показывают, что в некоторых растительных остатках (*Andromeda polifolia*, *Ledum palustre*, *Vaccinium vitis-idea*, *Rubus chamaemorus*, *Sphagnum fuscum*) отмечается повышение содержания азота, при этом максимальное его накопление наблюдается у *Sphagnum fuscum* (рис. 2).

Ход процесса минерализации определяется соотношением C/N. Изменение соотношения C/N в растительных остатках после разложения свидетельствует о неравнозначных потерях углерода и азота. При увеличении отношения C/N относительные потери азота выше, чем потери углерода. Во всех растительных остатках соотношение C/N уменьшилось, что говорит о более медленном или равнозначном выносе азота по сравнению с выносом углерода. Меньше всего изменилось отношение C/N в травянистых растениях, за исключением *Menyanthes trifoliata*, максимальные изменения произошли в остатках *Menyanthes trifoliata* и *Sph. magellanicum* (по сравнению с исходным отношением C/N снизилось в два раза).

В большинстве случаев в течение года при разложении происходит снижение зольности исследуемых растительных остатков (рис. 2). Исключение составляет *Sphagnum fuscum*, при разложении которого наблюдается резкое увеличение зольности. Наименьший вынос зольных элементов получен для *Eriophorum vaginatum* (6 %), а наибольшие потери зольных элементов наблюдаются у *Menyanthes trifoliata* и *Scheuchzeria palustris*.

В целом результаты исследований соответствуют полученным ранее данным по скорости деструкции органического вещества растений в торфяных залежах южно-таежной подзоны Западной Сибири [2]. Однако выявлено некоторое несоответствие с литературными данными по динамике выноса азота в процессе разложения. Так в [2] приводятся сведения о том, что во всех исследуемых растительных остатках наблюдается вынос азота, тогда как согласно нашим исследованиям, в некоторых образцах растительного вещества (*Andromeda polifolia*, *Ledum palustre*, *Vaccinium vitis-idea*, *Rubus chamaemorus*, *Sphagnum fuscum*) происходит накопление азота в течение первого года разложения.

Сведения о процессах иммобилизации азота при разложении растительных остатков встречаются в литературе [3], но причины этого явления до конца еще не выяснены. Так, некоторые исследователи полагают, что на первых стадиях разложения может наблюдаться повышение концентрации азота в субстрате за счет деструкции безазотистых соединений, азотфиксации и потребления азота гифами грибов из почвы [3].

Заключение

Скорость разложения растительных остатков зависит от вида растений и гидротермических условий, в которых протекают процессы разложения. В деятельном слое торфяной залежи исследуемого болота наиболее устойчивым к разложению оказался *Sphagnum fuscum*, а наименее устойчивы листья *Menyanthes trifoliata*. Потери массы листьев кустарничков составили 27–32 %, а наиболее интенсивно разлагаются листья *Chamaedaphne calyculata*. Таким образом, основным торфообразователем на олиготрофных болотах является *Sphagnum fuscum*, о чем также свидетельствует ботанический состав торфяной залежи.

Вынос углерода при разложении растений-торфообразователей в среднем равен 26 %, при этом максимальные потери углерода получены для *Menyanthes trifoliata* (71 %), минимальные – для *Sphagnum fuscum* (2 %). В процессе разложения растительных остатков наблюдается иммобилизация азота в некоторых видах исследуемых растений (*Ledum palustre*, *Vaccinium vitis-idea*, *Rubus chamaemorus* и *Sphagnum fuscum*). Максимальное накопление азота характерно для *Sphagnum fuscum* (более чем в два раза).

Литература

1. Козловская Л. С., Медведева В. М., Пьявченко Н. И. Динамика органического вещества в процессе торфообразования. – Ленинград: Наука, 1978. – 176 с.
2. Паршина Е. К. Деструкция растительного вещества в болотных экосистемах таежной и лесотундровой зон Западной Сибири: Автореф. дис.... канд. биол. наук. – Томск, 2003. – 23 с.
3. Базилевич Н. И., Титлянова А. А. Биотический круговорот на пяти континентах: азот и зольные элементы в природных наземных экосистемах / Отв. ред. А. А. Тишков. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2008. – 381 с.

**DECOMPOSITION OF PLANT BIOMASS
IN THE PEAT SOIL IN “KIRSANOVSKOE” BOG**

E.A. Golovatskaya, L.G. Abzalimova, E.V. Porochnina

The results of investigations of decomposition of plant matter in the peat soil of oligotrophic bogs are presented. Decay rates were calculated from mass losses for different vegetation species. The estimation of carrying out of carbon, nitrogen, ash constituents during decomposition is made. Showed, that in the first year of decomposition plant matter there is an accumulation of nitrogen in the plant residues.

ЗАПАСЫ И ПРОДУКЦИЯ ДРЕВЕСНОГО ЯРУСА КИРСАНОВСКОГО БОЛОТА

Е. А. Головацкая*, М. В. Волознева**, Е. В. Порохина**

*Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН, Томск, golovatskaya@imces.ru,

**Томский государственный педагогический университет, Томск, botanik@tspu.ru

На основании экспедиционных исследований выполнена оценка запасов фитомассы древесного яруса олиготрофного болота. Рассчитана продукция древесного яруса и оценен вклад древостоя в общую продукцию надземной части сосново-кустарничково-сфагнового фитоценоза (ряма).

Изучение биологической продуктивности растительных сообществ является одной из важных задач в исследовании круговорота веществ в биосфере. В настоящее время в литературе накопилось много данных о биологической продуктивности различных экосистем [1–3], в том числе и болотных [4–6]. Следует отметить, что в работах по изучению биологической продуктивности болотных экосистем большое внимание уделяется травяно-кустарничковому и моховому ярусам, тогда как продуктивность древесного яруса до сих пор слабо изучена [7, 8]. Исследование древесного яруса проводилось в основном для оценки изменения растительного покрова при осушении болот в целях лесомелиорации. На верховых болотах продукция древесного яруса не велика, а сами деревья не представляют ценности для хозяйственных нужд, что видимо, и является основной причиной недостаточного внимания к древесному ярусу болот. Однако с точки зрения оценки баланса углерода в болотных экосистемах, исследование продукции и запасов биомассы именно древесного яруса, является актуальной задачей.

Целью работы является изучение запасов биомассы и годичной продукции древесного яруса олиготрофного ряма Кирсановского болота.

Объекты и методы исследований

Исследование запасов и продукции проводилось в олиготрофном сосново-кустарничково-сфагновом фитоценозе (ряме) Кирсановского болота (Томский район, Томская область). Древесный ярус состоит из *Pinus silvestris* L. с единичными растениями *Pinus sibirica* Du Tour (проективное покрытие (п.п.) – 90 %), кустарничковый ярус представлен *Ledum palustre* L., *Chamaedaphne calyculata* (L.) Moench., *Vaccinium vitis-idea* L., *Vaccinium oxycoccus* L., *Andromeda polifolia* L. (п.п. – 90 %). В травяном ярусе преобладает *Rubus chamaemorus* L. (п.п. – 15 %), а моховой ярус сложен преимущественно *Sphagnum angustifolium* (Russ. Ex Russ.) C. Jens (п.п. – 96 %).

Определение характеристик древостоя проводили методом сплошного перечета деревьев на пробных площадках. Всего было заложено 5 учетных площадок площадью 25 м² каждая. На площадках определялось количество деревьев, видовой состав, количество сухостоя, высота деревьев и диаметр стволов на высоте 1,3 м. Вблизи площадок было выбрано 15 модельных деревьев, репрезентативно представляющих древостой исследуемого участка. У модельных деревьев измерялись высота, диаметр ствола на уровне 1,3 м, а также на уровне мохового покрова, высота прикрепления кроны, высота кроны. Масса модельных деревьев учитывалась непосредственно на болоте. Модельные деревья разделялись на фракции: стволы, ветки, хвоя, хвоя последней генерации, побеги текущего года, шишки. Для пересчета сырого веса на абсолютно сухой от всех фракции брались навески на влажность. Годичный прирост определялся как сумма веса хвои последней генерации и прироста веточек текущего года.

Результаты и обсуждение

Древесный ярус представлен формулой 10С ед.К. Средняя высота древостоя – 4 м,

максимальная – 10,1 м. Средний диаметр на высоте 1,3 м – 5,3 см, максимальный – 24,3 м. Кроны деревьев овальной или уплощенной формы, высота их прикрепления 1,8–2,5 м.

При пересчете деревьев на пробной площади к древостою относили деревья диаметром 2 см и больше (деревья с диаметром ствола менее 2 см диаметром составляют 33 %). Всего на пробной площади располагается 108 деревьев, а на 1 га – 8640 с преобладанием тонкомера (рис. 1). Около 55 % деревьев с толщиной стволов от 2 до 10 см. Имеется сухостой сосны в количестве 480 стволов на 1 га. Сухостой представлен преимущественно тонкими деревьями с диаметром до 4 см (70 %), но встречаются и крупные сухие деревья диаметром 7–14 см.

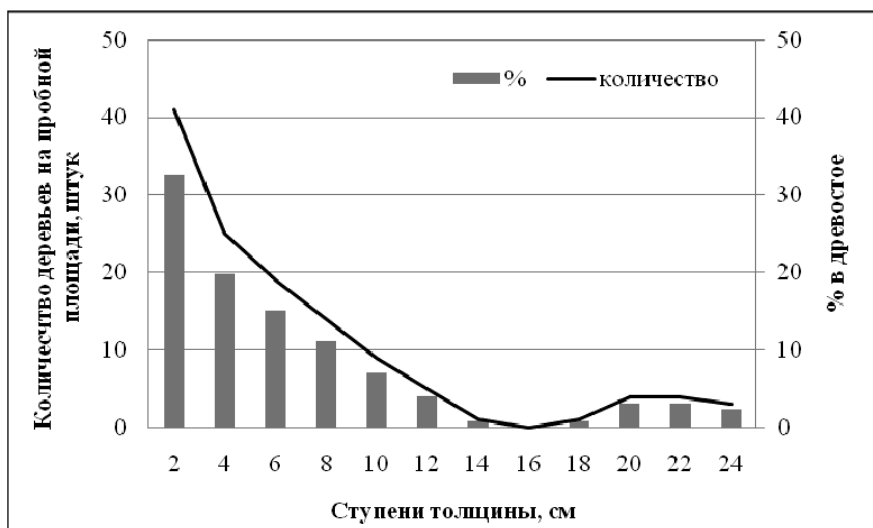


Рис. 1. Распределение деревьев по ступеням толщины на высоте 1,3 м и их доля в древостое

Подрост представлен в основном сосной, лишь единично встречается возобновление кедра и березы. К подросту условно относили экземпляры высотой менее двух метров (половина средней высоты древесного яруса). Подрост сосны распределен неравномерно: большая часть молодых деревьев растет на повышениях микрорельефа. Численность подроста составляет 18 деревьев на пробную площадь или 1440 штук на 1 га, причем более 80 % деревьев приходится на подрост высотой 1,5–2 м.

Таблица 1

Масса надземных частей модельных деревьев в абсолютно-сухом состоянии, кг

№ модельного дерева	Стволы	Ветки	Хвоя	Шишки	Итого
1	0,33	0,05	0,09	0,00	0,46
2	0,19	0,05	0,05	0,00	0,30
3	0,16	0,04	0,04	0,00	0,24
4	62,16	7,89	3,00	0,26	73,31
5	6,25	1,09	0,73	0,05	8,12
6	6,75	1,18	0,78	0,02	8,73
7	5,23	0,91	0,61	0,06	6,81
8	0,51	0,07	0,12	0,00	0,70
9	14,35	2,94	0,95	0,04	18,27
11	8,62	1,41	0,43	0,01	10,47
12	5,31	0,94	0,73	0,06	7,04
13	0,97	0,13	0,11	0,00	1,21
15	2,62	0,45	0,27	0,01	3,35

Из таблицы видно, что типичные деревья, образующие полог, имеют надземную массу от 3,4 до 73,3 кг. Наибольшая часть органического вещества у деревьев сосредоточена в стволах – 75,5 % (рис. 2). С увеличением размера деревьев, доля стволов увеличивается до 85 %. Запасы хвой составляют в среднем около 11 %. Генеративные органы имелись только у крупных деревьев (табл. 1). Общий запас надземной фитомассы древостоя в среднем составляет 18722 г/м², фотосинтезирующая фитомасса составляет всего лишь 875 г/м². Согласно литературным данным [9] масса корней деревьев составляет 25 % от веса их надземной части, что для исследуемого древостоя дает оценку 4680 г/м².

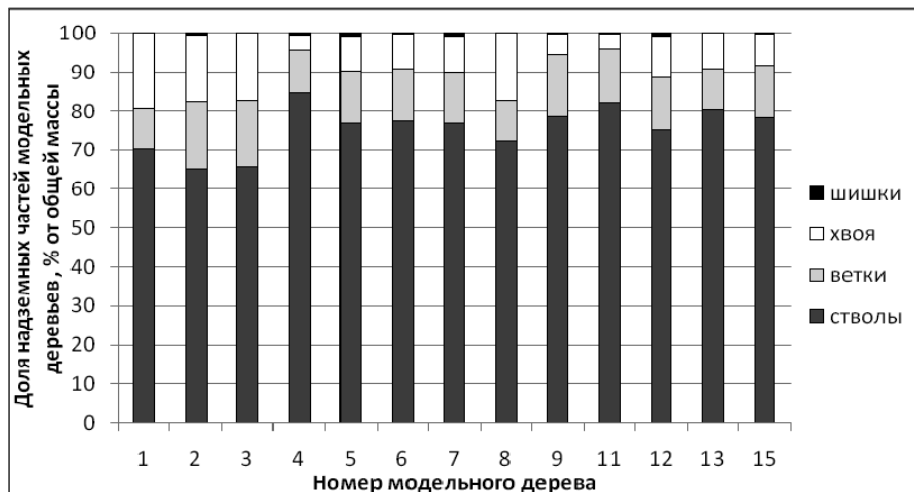


Рис. 2. Соотношение надземных частей модельных деревьев, % от общей массы

Годичный прирост надземной части деревьев (без учета прироста ствола), в зависимости от размера дерева, варьирует от 15 до 1457 г, составляя в среднем 412 г. Основной вклад в продукцию вносит хвоя последней генерации – 83–90 % от годовичного прироста. Общая продукция древостоя равна 408 г/м².

Запасы фитомассы травяно-кустарничкового и мохового яруса составляют 215 и 361 г/м² соответственно [10], что более чем в 30 раз ниже запасов фитомассы древесного яруса. Продукция наземного покрова (кустарничков и мхов) в 1,3 ниже, чем продукция деревьев. Доля древесного яруса в годовой продукции сосново-кустарничково-сфагнового фитоценоза Кирсановского болота составляет 57 % (рис. 3).

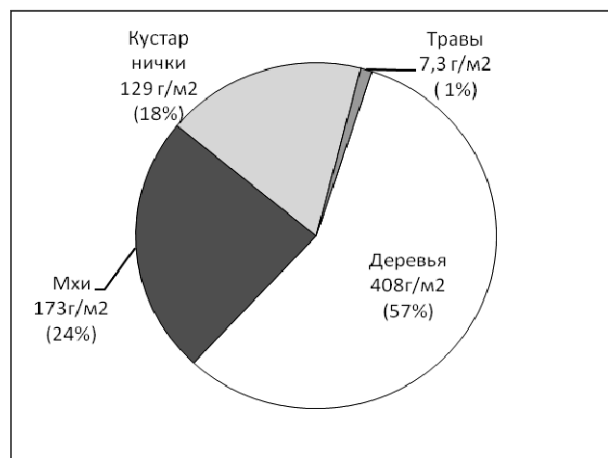


Рис.3. Надземная продукция сосново-кустарничково-сфагнового фитоценоза Кирсановского болота

Заключение

Исследование продуктивности сосново-кустарничково-сфагнового фитоценоза Кирсановского болота показало, что общая фитомасса надземной части составляет 11,2 кг/м², основная масса растительного вещества приходится на древесный ярус (более 90 %). В продукции рьяма основную роль также играет древесный ярус (57%). Доля травяно-кустарничкового и мохового ярусов в продукции рьяма составляет 19 и 24% соответственно.

Литература

1. Базилевич Н. И. Биологическая продуктивность экосистем Северной Евразии. – М.: Наука, 1993. – 295 с.
2. Родин Л. Е., Базилевич Н. И. Динамика органического вещества и биологический круговорот зольных элементов и азота в основных типах растительности земного шара. М.–Л., 1965. – 253 с.
3. Базилевич Н. И., Титлянова А. А. Биологический круговорот на пяти континентах: азот и зольные элементы в природных наземных экосистемах. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2008. – 381 с.
4. Косых Н. П., Миронычева-Токарева Н. П., Паршина Е. К. Фитомасса, продукция и разложение растительных остатков в олиготрофных болотах средней тайги Западной Сибири // Вестник ТГПУ. – 2009. – Вып.3(81). – С. 63–69.
5. Косых Н. П. Болотные экосистемы таежной зоны Западной Сибири: фитомасса и продукция: Автореф. дис. ... канд. биол. наук: 03.00.05 // Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН. – 2003. – 23 с.
6. Головацкая Е. А. Биологическая продуктивность олиготрофных и эвтрофных болот южно-таежной подзоны Западной Сибири // Журнал Сибирского федерального университета. Биология. – 2009. – Т.2.– №1. – С. 38-53.
7. Храмов А. А., Валущкий В. И. Лесные и болотные фитоценозы Восточного Васюганья. – Новосибирск: Наука, 1977. – 219 с.
8. Махатков И. Д., Косых Н. П., Романцев С. А. Запасы фитомассы и годовичная продукция верховых болот средней тайги // Торфяники Западной Сибири и цикл углерода: прошлое и настоящее. Матер. Второго международного полевого симпозиума. – Томск: Издательство НТЛ, 2007. – С.112–115.
9. Козловская Л. С., Медведева В. М., Пьявченко Н. И. Динамика органического вещества в процессе торфообразования. – Л.: Наука, 1978. – 176 с.
10. Головацкая Е. А., Дюкарев Е. А. Изменения в углеродном цикле олиготрофных болот юга Западной Сибири в условиях антропогенного воздействия// Ресурсная экономика, изменение климата и рациональное природопользование: матер. межд. конф. / Под ред. Е.А.Ваганова [и др.]. – Красноярск: Сибирский федеральный университет, 2009. – С. 739–752.

TREE LAYER STORAGE AND PRODUCTION FOR KIRSANOVSKOE BOG

E. A. Golovatskaya, M. V. Volozneva, E. V. Porochina

Vegetation storages for tree layer of oligotrophic peatland were estimated using experimental data. Net primary production of trees is about 57 % from the total aboveground production of the Pine-shrub-sphagnum community.

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ В ДИНАМИКЕ СТОКА С ЗАБОЛОЧЕННЫХ РЕЧНЫХ ВОДОСБОРОВ БОЛЬШОГО ВАСЮГАНСКОГО БОЛОТА¹

Л. И. Дубровская, Д. В. Дроздова

Томский государственный университет, hydro@ggf.tsu.ru

Анализируется динамика характеристик стока с заболоченных водосборов малых и средних рек на территории Большого Васюганского болота. Показано, что проявления климатического тренда на стоке болотных рек Западной Сибири фиксируются в последние 20 лет слабо по сравнению с другими регионами страны.

Климат нашей планеты меняется, об этом свидетельствуют данные метеорологических наблюдений. Наиболее заметное потепление имело место, начиная с 80-х годов, в средних и высоких широтах континентальных районов Евразии [1]. Например, в Сибири российскими климатологами обнаружено, что за сто лет в целом среднегодовые температуры выросли на 3°C. Если взять случаи со среднегодовыми температурами выше нормы на 2°C и более, то таких насчитывается семнадцать за сто лет. Из них пятнадцать приходится на период после 1980 года [2]. Конечно, эта тенденция говорит о потеплении регионального климата. Признано, что ярче всего потепление проявляется зимой, за исключением 2010 года с аномально холодной зимой.

Неустойчивость климатической системы находит отражение в гидросфере: данные наблюдений свидетельствуют о продолжающемся таянии ледников и вечной мерзлоты, усилении неравномерности выпадения осадков, изменении режима стока рек и др. [1, 3, 4].

Степень проявления климатического тренда в режимных характеристиках речного стока зависит от многих факторов, в первую очередь, от соотношения интенсивностей роста сезонного выпадения осадков и испарения, и поэтому различается территориально. Например, в обзорном докладе на VI Всероссийском гидрологическом съезде сообщается, что анализ динамики сезонного стока в различных регионах позволил установить на преобладающей части территории страны весьма существенное увеличение в последние 20–25 лет водности рек в меженный период, особенно в зимние месяцы; это увеличение ... для ряда регионов составило 60–90 % (по отношению к норме) [3].

В бассейнах Средней и Нижней Оби по сравнению с другими регионами проявления климатических трендов в объемах речного стока фиксируются слабо [5]. Если учесть, что главной особенностью рассматриваемой территории является высокий процент заболоченности, то можно искать причину слабой реакции стока во влиянии болот.

Цель наших исследований состояла в оценке климатически обусловленных изменений гидрологического режима заболоченных речных водосборов на территории Большого Васюганского болота.

Васюганское болото занимает особо значимое положение в системе гидроморфных комплексов Западно-Сибирской равнины. Это один из самых крупных в мире аккумулятивных лесоболотно-торфяных бассейнов бореальной зоны Евразии, с площадью болота – 5 269 437 га и наибольшей протяженностью с запада на восток – 573 км и с севера на юг – около 320 км.

Все реки, протекающие по Васюганскому болоту, относятся к двум бассейнам – Оби и Иртыша. Всего с Васюганского болота стекает более 200 рек, берущих начало с олиготрофных болот. От основного вала Обь-Иртышского водораздела в северо-восточном и юго-западном направлениях отходит густая сеть рек, впадающих в Обь и Иртыш.

¹ Работа выполнялась при финансовой поддержке РФФИ (гранты 09-05-00395, 09-05-00235) и Роснауки (Госконтракт № 02.740.11.0325).

Основными притоками Оби, берущими начало с Васюганского болота, являются реки: Васюган (с Чижапкой, Нюролькой), Парабель (с Чузиком и Кенгой), Чая (с Парбигом, Иксой, Бакчаром) и Шегарка. Почти все притоки этих рек берут начало в водораздельных болотах. Иртыш протекает сравнительно далеко от Васюганского болота, но его притоки – реки: Омь, Тара, Шиш, Малый Тартас своими верхними течениями находятся в границах Васюганского болота. Истоки этих рек, также как и рек бассейна Оби, теряются на Васюганском болоте, с которого они берут начало. Болота распространены неравномерно: заболоченность территории Томской области составляет около 30 %, Обь-Васюганского междуречья – 38 %, Обь-Иртышского водораздела в верховьях рек Икса, Бакчар, Андарма достигает 80–100 % [6].

Уникальная заболоченность Западной Сибири – результат совместного воздействия практически всех природных факторов, представленных на этой территории – гумидный климат; плоский, слабо расчлененный рельеф; недостаточная дренирующая способность речной сети. Но значение гидрологического фактора – слабой дренирующей роли речной сети – в развитии заболачивания особенно велико (по Малик, [7]). Основной причиной неудовлетворительного выполнения реками роли естественных дрен можно считать своеобразные особенности их водного режима, выражающиеся в асинхронности формирования и прохождения половодий в разных частях бассейнов Оби, Иртыша и их притоков, сопровождающейся сложной системой подпоров при слиянии рек. Подпоры оказывают большое влияние на интенсивность сброса реками паводочных вод (продолжительность на главных реках – 3–4, а в многоводные годы – до 5 месяцев). Торможение паводочных вод подпорами и задержка вследствие этого стока из притоков существенно ослабляет работу рек как естественных дрен и даже способствует застою и временному накоплению воды на водосборах [7].

Выбранные 14 гидропостов на малых и средних реках с продолжительностью наблюдений от 25 до 65 лет освещают территорию Большого Васюганского болота и характеризуют водный режим трех крупных левобережных притоков р. Оби в таежной зоне – рек Чая, Парабель, Васюган. Заболоченность их водосборов варьирует от 20 до 49 % (табл. 1). У части постов отсутствуют данные по стоку за 1995–97, 1999 годы.

Повышение температуры воздуха и количества осадков, особенно в зимнее время года, сказывается на основных факторах формирования стока рек и проявляется в тенденциях изменений среднего годового и сезонного стока, его внутригодового распределения. Они могут сказаться также на термическом и ледовом режиме рек и озер, химическом составе их воды и т.д.

Ниже приводятся результаты по изменениям трех характеристик стока – годового объема стока, модуля минимального среднемесячного зимнего стока и коэффициента естественной зарегулированности ϕ (или внутригодовой неравномерности $d=1-\phi$).

Известно, что изменение климата прослеживается в первую очередь по изменениям в сезонном стоке – минимальном зимнем. Минимальный сток является мерой подземного стока, в формировании многолетних тенденций которого статистически обоснованную роль играют циркуляционные процессы в атмосфере. Они определяют перенос тепла, и, значит, интенсивность питания подземных вод. Увеличивается количество атмосферных осадков, уменьшается сумма отрицательных температур, что растягивает период питания подземных вод. Увеличение температуры вызывает рост испарения, но темпы их роста разные. Поэтому при потеплении климата питание подземных вод в северных широтах будет увеличиваться, так как испарение будет расти медленнее [8].

Статистическая значимость изменений в исследуемых стоковых характеристиках определялась по методу ранговых коэффициентов и критерию Аббэ на уровне значимости 0,05. Объективно среднее значение модуля минимального зимнего стока за последние 25 лет

(с 1980 г.) увеличилось по сравнению с предшествующим периодом наблюдений почти у всех рек из списка, но значимые изменения по использованным в работе методам испытания на тренд фиксируются только у р. Чая – Подгорное и р. Чузик – с. Осипово (табл. 2).

Таблица 1

Основные сведения о бассейнах исследуемых рек

№	Река – пост	Период набл.	n	F, км ²	λ,	№	Река – пост	Период набл.	n	F, км ²	λ,
1	Васюган – с. Ср. Васюган	1936–1987, 1989–1994, 1999–2005	65	31700	40	8	Парбиг – пос. Веселый	1953–1987, 1989–1994	41	9100	25
2	Васюган – с. Майск	1955–1987, 1989–1994, 1998, 2000–2005	46	3730	35	9	Чая – с. Подгорное	1946–1987, 1989–1994, 1998–2005	51	25000	35
3	Васюган – с. Н. Васюган	1960–1994, 1998–2005	42	19000	35	10	Андарма – с. Панычево	1951–1987, 1989–1994, 1998, 2000–2005	50	2330	35
4	Парабель – с. Новиково	1957–2005	45	17900	40	11	Бакчар – с. Гореловка	1951–1987, 1989–1994, 1998, 2000–2005	42	6610	40
5	Чузик – пос. Осипово	1960–1994, 1998–2005	46	7090	35	12	Бакчар – с. Полынянка	1974–1987, 1989–1994, 1998, 2000–2005	27	2040	<25
6	Кенга – пос. Центральный	1954–1994	40	7440	0,40	13	Икса – пос. Копаное озеро	1965–1994, 1998–2002	34	5210	20
7	Парбиг – с. Парбиг	1976–1987, 1989–1994, 1998, 2000–2005	26	2730	0,45	14	Икса – с. Плотниково	1936–1994, 1998, 2000–2005	62	2560	49

Примечание: F – площадь бассейна, км²; n – число фактических лет наблюдений; λ – коэффициент заболоченности, %.

Таблица 2

Модули минимальных зимних расходов и статистическая значимость (g) их изменений по периодам наблюдений

Река – пост	Модуль минимального зимнего стока, л/(с.км²)						Коэффициент естественной зарегулированности за весь период наблюдений	
	за весь период наблюдений		до 1980 г.		с 1980 г.			
	М	g	М	g	М	g	φ	g
Васюган – с. Ср. Васюган	0,85	(+)	0,81	нет	0,94	нет	0,56	нет
Васюган – с. Майск	0,39	нет	0,37	нет	0,41	нет	0,47	нет
Васюган – с. Н. Васюган	0,66	(+)	0,61	нет	0,71	нет	0,52	нет
Парабель – с. Новиково	1,09	нет	1,04	нет	1,14	нет	0,61	нет
Чузик – пос. Осипово	1,01	(+)	0,91	нет	1,14	(+)	0,6	нет
Кенга – пос. Центральный	0,92	нет	0,91	нет	0,92	нет	0,62	нет
Парбиг – с. Парбиг	1,24	нет			1,19	нет	0,64	(–)
Парбиг – пос. Веселый	0,92	нет	0,92	нет	0,93	нет	0,62	нет
Чая – с. Подгорное	0,84	(+)	0,78	нет	0,92	(+)	0,6	нет
Андарма – с. Панычево	0,54	нет	0,54	(–)	0,54	нет	0,53	нет
Бакчар – с. Гореловка	0,49	нет	0,47	(–)	0,52	нет	0,54	нет
Бакчар – с. Полынянка	0,09	нет	0,08	нет	0,10	нет	0,4	нет
Икса – пос. Копаное озеро	0,63	(+)	0,57	нет	0,68	нет	0,56	нет
Икса – с. Плотниково	0,11	(+)	0,09	нет	0,16	нет	0,44	нет

Примечание: M – модуль минимального зимнего стока, л/(с.км²); g – результат испытания на тренд; (–) – значимое убывание; (+) – значимое возрастание; φ – коэффициент естественной зарегулированности.

В рядах годовых объемов стока за весь период наблюдений также не обнаружено значимых изменений (метод ранговых коэффициентов), хотя на хронологических графиках видна тенденция к увеличению у рек Икса – с. Копаное озеро, Чая – с. Подгорное, Бакчар – д. Польшанка, Парабель – с. Новиково. Наличие значимого увеличения модуля минимального зимнего стока, например на р. Чузик – пос. Осипово, не отражается на годовом объеме стока (рис. 2).

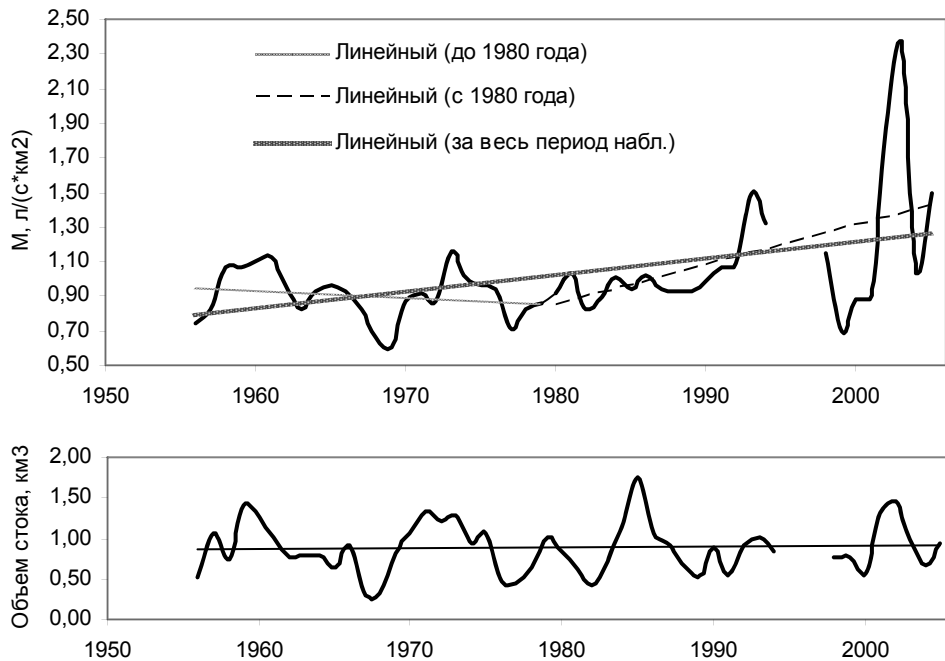


Рис.1. Хронологические графики модуля минимального зимнего стока (М) и годового объема стока р. Чузик – пос. Осипово за 1953–2005 гг. Значимые линейные тренды: для всего периода наблюдений, периода 1980–2005 гг.

Коэффициент естественной зарегулированности выбран как показатель уменьшения различий между сезонными величинами стока. Тенденция к увеличению минимального зимнего стока (базисного) и уменьшению объема половодья должна вызывать значимый рост величин коэффициента естественной зарегулированности (или уменьшение внутригодовой неравномерности) стока этих рек. Диаграмму распределения среднемесячных расходов воды можно рассматривать как генерализованный гидрограф стока. При этом коэффициент зарегулированности φ можно определить аналитически, используя уравнение

$$\varphi = \frac{\sum_{i=1}^n Q_i - \sum_{i \in Q_i > \bar{Q}} (Q_i - \bar{Q})}{\sum_{i=1}^n Q_i},$$

где Q_i – среднемесячные расходы воды данного года;

\bar{Q} – среднегодовой расход за этот год;

второе слагаемое в числителе – сумма только для среднемесячных расходов, превышающих среднегодовой. Расчет φ , производимый по вышеприведенной формуле, согласно [9] выливается в ошибку 4–5 %.

Как показали расчеты, объем стока зимней межени увеличивается незначительно, и его рост не трансформируется в значимые изменения коэффициента естественной зарегулированности стока.

В работе [10] получена обратная связь коэффициента заболоченности с минимальным стоком рек западной Сибири. Механизм отрицательного влияния болот на величину минимального зимнего стока рек в общем аналогичен влиянию бессточных или слабопроточных озер. Болотами заняты наименее дренируемые участки территории – бессточные понижения или участки с очень слабыми уклонами. Верховые болота, доля которых велика на Васюганском болоте, питаются атмосферными осадками и в формировании их стока грунтовая составляющая вообще не участвует. Таким образом, обилие мелких озер и болот, занимающих наименее дренируемые участки территории, создает неблагоприятные условия питания рек грунтовыми водами в период межени, количественным выражением которого является минимальный сток.

Литература

1. Доклад об особенностях климата на территории Российской Федерации за 2007 год. – М.: Росгидромет. – 2008.
2. Ягудин Р. О крупных климатических аномалиях последнего времени. [Электронный ресурс]. – URL. <http://www.sbras.ru/HBC/hbc.phtml?15+370+1> (Дата обращения 7.05.2010).
3. Бедрицкий А. И., Хамитов Р. З., Шикломанов И. А., Зекцер И. С. Водные ресурсы России и их использование в новых социально-экономических условиях с учетом возможных изменений климата // VI Всероссийский гидрологический съезд: тезисы (28 сент. – 1 окт. 2004 г., Санкт-Петербург). – СПб: Гидрометеиздат. – 2004.
4. Тающая красота. Изменение климата и его последствия / Г. В. Алексеев [и др.]; под ред. Ю. С. Добролюбовой. – М.: Фонд им. Генриха Бёлля, Российский региональный экологический центр, 2009. [Электронный ресурс]. – URL. http://www.climatechange.ru/files/RREC_Boell_Melting_Beauty.pdf (Дата обращения 12.10.2009).
5. Дубровская Л. И., Дроздова Д. В. Климатически обусловленные изменения стока российских рек арктического бассейна // Природные ресурсы Сибири. Современное состояние и проблемы природопользования / Под ред. И. В. Космакова. – Новосибирск: Наука, 2010. – С. 77–83.
6. География Томской области / Под ред. А. А. Земцова. – Томск: Изд-во Томского гос. ун-та, 1988. – 248 с.
7. Малик Л. К. Гидрологические проблемы преобразования природы Западной Сибири. – М.: 1978. – 180 с.
8. Ковалевский В. С., Клиге Р. К. Изменения гидрогеологических условий под влиянием глобального потепления климата // Вестник МГУ. Сер. 5. География. – 2003. – № 3.
9. Комлев А. М. Аналитический способ вычисления коэффициента естественной зарегулированности // Закономерности формирования и методы расчетов речного стока. – Пермь: Изд-во Пермского ун-та, 2002. – С. 175–180.
10. Комлев А. М. К методам косвенной оценки особенностей гидрологического режима рек в условиях избыточного увлажнения // Водные ресурсы и водное хозяйство Сибири. – Новосибирск: Наука, 1968. – С. 38–46.

THE RECENT TRENDS IN DYNAMIC OF RIVER RUNOFF FROM SWAMPY WATERSHED IN THE GREAT VASYUGAN MIRE

L. I. Dubrovskaya, D. V. Drozdova

The variation of the runoff characteristics in wetland basins of small and medium-sized rivers in the Great Vasyugan Mire was analyzed. The influence of climatic trend on the runoff of wetland rivers in Western Siberia, recorded in the last 20 years, is weak compared with other regions of the country.

ЛАНДШАФТНЫЙ АНАЛИЗ БОЛОТ БАСЕЙНА РЕКИ ИКСА**А. А. Калаева**

Томский государственный университет, ankalaeva@yandex.ru

В работе представлен ландшафтный анализ болот бассейна реки Икса, а также дана оценка последствиям осушительной мелиорации на данной территории.

Огромные территории Западной Сибири заняты болотными ландшафтами. Болота оказывают влияние на природную среду, как в глобальном, так и региональном аспектах. В глобальном аспекте это влияние выражается в содержании природных газов в атмосфере. В региональном аспекте болота оказывают влияние на климатические условия, водный режим, характер почвенно-растительного покрова территории. Следует отметить, что рост болот продолжается. В настоящее время заболоченные территории достаточно полно изучены, но только в плане почвенно-растительного покрова, истории развития и т. д., тогда как ландшафтная структура остается неисследованной.

Набор особым образом расположенных частей внутри ландшафта и взаимосвязи между ними образуют морфологическую структуру ландшафта. Она является надежным диагностическим признаком как для выделения самого ландшафта, так и его морфологических частей. Морфологическая структура репрезентативна для выявления истории ландшафтов, для прогноза его развития в будущем. Об истории ландшафта свидетельствует набор доминантных и субдоминантных видов урочищ.

Под *урочищем* понимают природно-территориальный комплекс, состоящий из генетически связанных между собой фаций, занимающих обычно целиком всю форму мезорельефа и объединенных общей направленностью движения вод, переноса твердого вещества и миграции химических элементов. *Местностью* называется наиболее крупная морфологическая часть ландшафта, которая характеризуется сочетанием основных (доминантных) и субдоминантных урочищ [1].

Объектом исследования являются болота бассейна реки Икса, являющейся правым притоком реки Чая. Бассейн реки Икса расположен на левобережье реки Оби в пределах Васюганской равнины. В формировании рельефа изучаемой территории большую роль играют процессы торфонакопления, постепенно нивелирующие все неровности поверхности бассейна. Сумма осадков превышает величину максимально возможного испарения, что обуславливает избыточное увлажнение подстилающей поверхности. Наиболее широко распространены гидроморфные почвы от дерново-глеевых до болотных.

Природные особенности предопределили высокую заболоченность и заторфованность изучаемого района. Главную роль в этом сыграли равнинность территории и слабая дренирующая роль рек, широкое развитие слабопроницаемых грунтов, неблагоприятный гидротермический баланс, создающий избыточное увлажнение в почве, а также благоприятные для роста болот климатические условия на протяжении всего голоцена.

Для исследования ландшафтной структуры бассейна реки Икса был выбран ключевой участок, расположенный в окрестностях села Плотниково Бакчарского района Томской области. На территорию участка была составлена ландшафтно-типологическая карта. Для составления карты были использованы космические снимки, топографические и тематические карты, литературные источники, а также материалы полевого описания характерных урочищ изучаемого участка. Карта составлена с помощью программного пакета ArcGis 9.2.

Ландшафтная карта участка бассейна реки Икса включает в себя части Иксинского и Бакчарского верховых болотных массивов и низинное Карагайское болото. На исследуемом участке выделены четыре типа местности: пойма, надпойменная терраса, дренированные увалы междуречья и плоское недренированное междуречье.

В распределении урочищ выявлены следующие закономерности. Западную и восточную части исследуемой территории занимают болотные урочища недренированных междуречий, относящиеся к Бакчарскому болотному массиву на западе и Иксинскому на востоке. Здесь преобладают виды урочищ олиготрофных болот. На северо-востоке на левобережной террасе реки Икса расположено эвтрофное Карагайское болото. Центральную часть изучаемого участка занимают лесные урочища, относящиеся к долине реки и дренированным увалам междуречья. Преобладание здесь лесных видов урочищ связано с дренирующей способностью реки Икса. Всего выделены 30 видов урочищ, которые распределены по степени дренированности территории, от самых дренированных (лесных), расположенных на дренированных участках террас и на увалах междуречья, до выровненных заболоченных террасовых поверхностей и центральной части междуречья с низкой величиной стока.

Доминантным видом урочища надпойменной террасы реки Икса является полого-волнистые поверхности с березово-сосновым фитоценозом на низинных торфяных почвах. Также широко распространены такие виды урочищ, как полого-волнистые поверхности с сосново-березовым фитоценозом на низинных торфяных почвах, полого-наклонные поверхности с березовым ерником на низинных торфяных почвах, полого-наклонные поверхности с березовым фитоценозом на низинных торфяных почвах. На более дренированных участках террасы встречаются наклонные поверхности с осиново-елово-березовыми лесами на дерново-подзолистых суглинистых почвах и с осиново-березовыми лесами на дерново-подзолистых суглинистых почвах.

С запада и востока надпойменную террасу реки Икса окаймляют урочища дренированных увалов междуречья. Здесь выделяется ряд субдоминантных урочищ: полого-наклонные поверхности с сосново-березовыми лесами на дерново-подзолистых суглинистых почвах, полого-наклонные поверхности с осиново-елово-березовыми лесами на дерново-подзолистых суглинистых почвах, слабо наклонные поверхности с березово-еловыми лесами на дерново-подзолистых суглинистых почвах, слабо наклонные поверхности с березово-осиновыми лесами на дерново-подзолистых суглинистых почвах.

Западную и восточную части изучаемой территории занимают урочища плоского недренированного междуречья. Доминантным урочищем этого типа местности является полого-бугристые поверхности с сосново-кустарничково-сфагновым фитоценозом (низкий рям) на верховых торфяных почвах. Также встречаются ложбины с осоково-сфагновым фитоценозом (топь) на верховых торфяных почвах, грядово-мочажинные поверхности с сосново-сфагновым фитоценозом на верховых торфяных почвах, грядово-озерковые поверхности с сосново-сфагновым фитоценозом на верховых торфяных почвах, озерково-грядово-мочажинные поверхности с сосново-сфагновым фитоценозом на верховых торфяных почвах, полого-бугристые поверхности с сосново-кустарничково-сфагновым фитоценозом (высокий рям) на верховых торфяных почвах. Верховые болота не широкой полосой окаймляются такими видами урочищ как полого-наклонные поверхности с осоково-болотнотравно-сфагновым фитоценозом на переходных торфяных почвах и полого-наклонные поверхности с сосново-березовым фитоценозом на переходных торфяных почвах.

Исходя из особенностей ландшафтной структуры, можно сделать вывод, что Иксинский и Бакчарский болотные массивы имеют схожую историю и тенденции развития. Разрастание болот шло от центральных частей междуречья к периферии. Процесс забола-

чивания в настоящее время непрерывен в силу саморазвития болот, обусловленного огромным количеством накопленной ими влаги, характером болотной растительности, а также благоприятными климатическими, гидрологическими и геоморфологическими условиями. Воды торфяника, не имеющие стока, подтопляют окружающие лесные территории и способствуют превращению лесов в обводненные заболоченные участки. Таким образом, происходит горизонтальное разрастание болотных массивов. В то же время возникновение новых очагов заболачивания не происходит [3]. Некоторое снижение величины заболачиваемой площади может быть связано с приближением болот к хорошо дренируемым участкам территории (долинам рек).

Влияние осушительной мелиорации было рассмотрено на примере Карагайского и Иксинского болотных массивов. Оценка экологических последствий осушения проводилась путем сравнения картографических материалов и литературных источников 70-х годов с современными данными дистанционного зондирования Земли и результатами полевых исследований с использованием ГИС-технологий.

В 80-е годы часть заболоченной территории бассейна реки Иксы была осушена сетью поверхностных каналов. Частично были осушены Бакчарский и Иксинский верховые болотные массивы, а также низинное Карагайское болото. Рассмотрим влияние осушительной мелиорации на примере Карагайского и Иксинского болотных массивов.

Карагайское болото, расположенное на левобережной террасе реки Иксы к северо-западу от села Плотниково, в 80-х годах было подвергнуто мелиоративному осушению с целью торфодобычи. На некоторых участках проводились лесопосадки. По данным А. А. Храмова, В. И. Валуцкого (1977) до осушения территория представляла собой безлесное болото с редкими разбросанными моховыми подушками и плоскими буграми, окруженное облесенными грядами в периферийных частях. Увлажнение центральной части было избыточное, уровень воды не опускался ниже 5–10 см от поверхности мохового ковра в микропонижениях. В связи с постоянной насыщенностью водой верхних горизонтов торфяной залежи древесная растительность отсутствовала.

Для краевой части болота с облесенными грядами была характерна расчлененность поверхности на обширные плоские мочажины и вытянутые плоские гряды и связанная с этим комплексность растительного покрова. Сообщества гряд характеризовались развитием древесного яруса при относительно слабом развитии кустарничково-травяного покрова [2].

При исследовании болота в июле 2008 года обнаружили следующие изменения. Уровень болотных вод понизился до 0,5–1 м. Изменение водно-воздушного режима торфяной почвы и ее физико-химических свойств отразилось на видовом составе растительности.

Доминантным растительным сообществом центральной части болота является сосново-березовый фитоценоз (8Б2С). Микрорельеф волнистый, усложнен приствольными повышениями. Древесный ярус образован березой пушистой в сильно угнетенном состоянии (средняя высота 20 м, средний диаметр 20 см) и сосной обыкновенной (8 м, 20 см). Сомкнутость древесного яруса составляет 0,2. Проективное покрытие травами – 100 %. Меньшую площадь центральной части болота занимает березовая формация.

Периферийные части болота заняты березово-сосновым фитоценозом (8С2Б). Микрорельеф участка бугристый, представлен приствольными повышениями. Древесный ярус состоит из сосны (средняя высота 8 м, средний диаметр 20 см) и березы (10 м, 25 см). Общая сомкнутость древесного яруса составляет 0,6. Подрост образован кедром (1,2 м), березой (1 м), сосной (1 м), елью (0,6 м). Подрост распределен равномерно. Кустарничковый ярус представлен багульником (40 см), который расположен на повышениях. Моховой покров составляют сфагнум узколистный на повышениях и зеленый мох в понижениях. Проективное покрытие мхами составляет 40 %. В травяном покрове присутствуют

костяника (20 см, распределена равномерно) и злаки (30 см, на буграх). Проектное покрытие травами составляет 40 %. На северной неосушенной части болота присутствует березовый ерник на торфяных эвтрофных почвах.

Таким образом, осушение Карагайского болота имело следующие последствия. Сразу после осушения произошла смена фитоценозов, болото сменилось сосново-березовой формацией. Резко понизился уровень болотных вод. Однако прироста древесной биомассы до товарного вида не произошло. А в последние годы отмечено усыхание древесных пород, связанное, очевидно, с неудовлетворительной работой мелиоративных каналов.

Участок Иксинского болотного массива, расположенный по обе стороны от трассы Томск-Бакчар, в окрестностях села Плотниково был подвергнут осушению с целью лесомелиорации. По сравнению с Карагайским болотом влияние осушительной мелиорации оказалось не столь существенным. При уменьшении уровня болотных вод смены фитоценозов и существенного увеличения продуктивности растительности не произошло. Это может быть связано как с неудовлетворительной работой осушительной сети, так и с большей устойчивостью олиготрофных болотных ландшафтов к антропогенным нарушениям природной среды.

Интенсивность изменения экосистемы зависит от типа болот. При освоении верховых болот происходят существенные изменения лесорастительных условий, однако этот процесс протекает гораздо медленнее и результаты его менее значительны, чем при освоении низинных и переходных болот [4].

Литература

1. Исаченко А. Г. Ландшафтоведение и физико-географическое районирование. – М.: Высшая школа, 1991. – 368 с.
2. Храмов А. А., Валуцкий В. И. Лесные и болотные фитоценозы Восточного Васюганья (структура и биологическая продуктивность). – Новосибирск: Наука, 1977. – 219 с.
3. Нейштадт М. И. Возникновение и скорость развития процесса заболачивания // Научные предпосылки освоения болот Западной Сибири. – М.: Наука, 1977. – С. 39–47.
4. Глебов Ф. З., Ефремов С. П., Ефремова Т. Т., Мелентьева Н. В., Толейко Л. С., Ускова Л. М. Эффективность и перспективы гидромелиорации в Западной Сибири // Осушение лесных земель. – Ленинград, 1978. – 282 с.

LANDSCAPE ANALYSIS OF IKSA BASIN MIRE

A. A. Kalaeva

At present mires are deeply studied but only in view of vegetative cover, the history of development and etc., while its landscape structure steel remains unstudied. The landscape analysis of Iksa basin mire is considered and estimation of consequences of drying land improvement on the studied territory is given.

СОДЕРЖАНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ И СЕРЫ В ФОНОВОМ И ТЕХНОГЕННО ЗАГРЯЗНЕННОМ БОЛОТАХ¹

Л. В. Карпенко

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

Приводится сравнительный анализ содержания тяжелых металлов и серы в торфах фонового и техногенно загрязненного болот. Источник загрязнения – ОАО ГМК «Норильский никель».

Исследования проводились в районе сильного воздействия аэротехногенных выбросов ОАО ГМК «Норильский никель», который относится к третьей зоне нарушенности [1].

В геоморфологическом отношении территория исследований представляет собой низменную аккумулятивную равнину водно-ледникового генезиса, подверженную устойчивым неотектоническим опусканиям (так называемая Норильская котловина), по которой протекает р. Рыбная. Фоновые высоты составляют 60–100 м и последовательно нарастают к югу. Поверхность в целом плосковолнистая, с преобладающими уклонами 0–1°.

Почвы преимущественно легкосуглинистого или супесчаного гранулометрического состава. Повсеместно распространена мерзлота, которая залегает на глубине в среднем 0,5–0,6 м и играет роль водоупора. По этой причине, несмотря на облегченный состав почвообразующих пород, равнинные участки поверхности с малыми уклонами дренируются недостаточно и почти сплошь заболочены.

В ботанико-географическом отношении – это подзона равнинных лесотундр. Соответственно, главные зональные компоненты растительности здесь – низкопродуктивные леса северотаежного облика и мохово-лишайниковые тундры. По причине ослабленной дренированности территории характерными элементами ландшафта являются также мерзлые мохово-лишайниковые болота, образующие обширные комплексы с тундрами и лесными рединами.

Объектом наших исследований являлось низинное травяно-моховое болото, залегающее в неглубокой водораздельной депрессии на первой надпойменной террасе р. Рыбной. Его обследование в полевых условиях проводилось традиционными методами. Для установления уровня загрязнения болотной экосистемы тяжелыми металлами и серой в различных элементах микрорельефа болота были взяты образцы торфа на глубине 0–5 и 5–10 см. Химический анализ торфа выполнен в сертифицированной лаборатории Института биофизики СО РАН (г. Красноярск) с использованием метода атомно-абсорбционной спектроскопии.

Микрорельеф болота образуют плоские торфяные бугры с мерзлым минеральным ядром, мочажины различной степени увлажнения, микроповышения (остатки деградированных сфагновых гряд, состоящие из собственно бугра, валиков и пятен «выливания»), пятна торфа, почти лишенные растительного покрова («голый» торф) и многочисленные озера. Приводим краткое описание растительности болотных комплексов.

Естественный растительный покров **плоских торфяных бугров** сильно нарушен. Куртинами встречаются низкорослый багульник (*Ledum decumbens*) и кассандра (*Chamaedaphne calyculata*). На отдельных кочках и бугорках растут злаки: вейник (*Calamagrostis langsdoeffii*, *C. neglecta*), овсяница овечья (*Festuca ovina*) и алтайская (*F. altaica*), мятлик (*Poa palustris*), зубровка (*Hierochloa spp.*). В микропонижениях встречаются морошка (*Rubus chamaemorus*), водяника (*Empetrum nigrum*), звездчатка (*Stellaria spp.*), хвощ

¹ Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ 09-04-01380 и программы Президиума РАН «Биологическое разнообразие» (проект СО РАН № 23.2).

полевой (*Equisetum arvense*). Степень покрытия плоского торфяного бугра травянистой растительностью – *sp.-sol*. Мохово-лишайниковый покров на поверхности бугров отсутствует.

Растительность **мочажин с открытой водной поверхностью** образована мощными зарослями пушиц: многоколосковой (*Eriophorum polystachyon* L.), Шейхцера (*E. scheuchzeri*) и рыжеватой (*E. russeolum*). Рыхлый моховый ковер, имеющий характер сплавин, на 100 % переплетенных талломами *Cephalozia connivens*.

В растительном покрове **сухих мочажинах** доминируют осоки кругловатая (*Carex rotundata*) и прямостоячая (*C. stans*). Редко встречаются пушица, вейник, хвощ, морошка, багульник. Степень покрытия мочажин растительностью не более *sol.-sp*.

Древесный ярус **деградированных моховых гряд** представлен единичными сухими мертвыми листовыми. Поверхность гряд устлана отбеленными отмершими остатками ив и кустарничковой березы. Здесь изредка произрастают низкорослая морошка и багульник, имеющие красно-фиолетовые и оранжевые листья. Живой моховый покров отсутствует. Кое-где на поверхности деградированного торфа заметны пятна от кладоний, но морфология их сильно нарушена и таллом вместо кустисто-разветвленного приобретает вид щетинистой накипной корки [1].

На **валиках**, окаймляющих пятна выливания, доминируют низкорослые ивы. Из травянистой растительности редко произрастают пушицы, вейник, хвощ, осоки, мытник болотный (*Pedicularis palustris*) и нардосмия (*Nardosmia frigida*). На пятнах «выливания» встречаются хвощ, пушица, вейник, осоки, мытник, соссурия (*Saussurea parvifolia*), кипрей (*Epilobium palustre*). Степень покрытия растениями не превышает *sp.-sol*.

Пятна «голового» торфа заняты редко растущей пушицей рыжеватой и Шейхцера, осоками вздутой, плетевидной и прямостоячей и сильно деградированными зелеными мхами. По краям пятен имеются валики из торфа, на которых растут вейник незамечаемый, овсяница овечья, мятлик арктический. Болотные кустарнички достигают в высоту не более 3–5 см, степень проективного покрытия – *sol*. Они имеют распластannую форму кустов, листья пожухлые, красно-фиолетового цвета. Деградированный моховый покров по окрайкам пятен образован *Drepanocladus aduncus*, *D. lycopodioides*, *Meesia triquetra*.

Таким образом, геоботаническое обследование болота свидетельствует, что из растительного покрова полностью выпали листовые, кустарничковая береза, ивы, сфагновые мхи и лишайники, значительно поражен листовый аппарат морошки. Токсический эффект проявился и в изменении структуры растительного покрова мерзлых бугров пучения – здесь широкое развитие получили несвойственные гидроморфным ландшафтам злаковые группировки.

Характеристика торфяной залежи. Торф на грядах и буграх, лишенный естественной растительности, сильно минерализован, засорен древесными остатками отмерших болотных кустарничков и листовых. Он сухой, имеет слоистую структуру, слабо связан с нижележащим слоем. Происходит интенсивное разрушение торфа в мочажинах, о чем свидетельствуют пятна «голового» торфа.

Торфяная залежь маломощная, не превышает 0,5 м. Верхние и средние слои сложены низинными гипновым и осоковым видами торфа, в основании залежи залегают древесно-травяной и древесно-осоковый торфа. Влажность торфа варьирует слабо – 78,5–89,1 %, увеличиваясь с глубиной залежи. Степень разложения торфа низкая и колеблется по слоям от 3,0 до 17,0 %. Торф отличается повышенной зольностью – от 12,5 до 36,5 %, а, следовательно, и высоким объемным весом – 0,45–0,90 г/см³. На отдельных участках болота он сильно минерализован, о чем отмечалось выше и его зольность аномальна для торфов – 46,0–62,0 %.

Сравнительный анализ содержания в торфе тяжелых металлов и серы. Как следует из таблицы 1, максимальная аккумуляция всех исследованных химических элементов отмечается в поверхностном (0–5 см) слое торфа, причем их концентрация, в зависимости от микрорельефа, сильно варьирует: по меди – от 121,9 до 869,5; по никелю – от 181,0 до 1641,0; по кобальту – от 14,7 до 48,7; по свинцу – от 8,8 до 26,6. В нижележащем слое торфа (5–10 см) концентрация почти всех химических элементов значительно уменьшается.

Максимальное количество всех элементов содержится в образцах торфа, отобранных из **пятна «голового» деградированного торфа**: меди – 869,5, никеля – 1365,9, кобальта – 48,7 и свинца 26,6 мг/кг. Немного менее загрязненными являются образцы торфа, отобранные из **сухой мочажины**, где концентрации меди, никеля, кобальта и свинца равны, соответственно, 705,3; 1641,0; 38,2 и 18,6 мг/кг. Третье место по содержанию техногенных поллютантов занимает **мочажина с открытой водной поверхностью**, где в торфе содержится меди – 610,9; никеля – 1286,9; кобальта – 26,8; свинца – 23,7 мг/кг.

Степень техногенного загрязнения образцов торфа, отобранных из сухой деградированной моховой гряды и плокобугристого комплекса, намного ниже по сравнению с вышеперечисленными элементами микрорельефа болота. Так, в торфе из **деградированной моховой гряды** концентрация меди составляет 193,5; никеля – 309,6; кобальта – 15,6; свинца – 8,8 мг/кг. Меньше всего тяжелых металлов содержится в образцах, отобранных из **плоского торфяного бугра**: меди – 121,9; никеля – 181,0; кобальта – 14,7; свинца – 18,2 мг/кг.

Коэффициент рассчитывался по формуле: $K_c = C_i / C_{\phi}$, где C_i – концентрация i -го химического элемента в исследуемом объекте, C_{ϕ} – фоновое содержание элемента.

Так как на данный момент нет сведений о ПДК тяжелых металлов и серы в торфах исследованной территории, для анализа загрязнений мы применили коэффициент техногенной концентрации химического элемента – K_c , который характеризует степень его концентрирования в техногенно загрязненном болоте (долина р. Рыбная) относительно фонового содержания. В качестве фона приняли содержание исследуемых элементов в торфе болота, расположенного в долине р. Горбиачин, территории, значительно удаленной от источника выбросов (см. табл. 1).

Как следует из табл. 1, варьирование коэффициента концентраций по меди в поверхностных слоях торфа (0–5 см) на различных элементах микрорельефа болота составляет от 13,1 до 93,5 раз, а в слое 5–10 см величины превышений намного меньше – 0,7–14,8 раз. Превышения коэффициентов концентрации по никелю в поверхностном слое торфа варьируют от 24,8 до 224,8 раз; в слое 5–10 см – от 2,6 до 75,5 раз. Коэффициент техногенной концентрации по кобальту показывает, что содержание элемента в слое торфа 0–5 см превышает фон в 6,1–20,3 раза, а в слое 5–10 см – в 1,1–9,2 раза. На двух элементах микрорельефа болота коэффициент концентрации свинца ниже фона – в торфе из плокобугристого комплекса и из сухой деградированной моховой гряды – 0,4–0,5 раз. На остальных микрокомплексах превышение над фоном составляет 1,9–4,8 раз.

В загрязнении болот, как и всей природы северной тайги и лесотундры Красноярского севера, большую роль играют выбросы НГМК оксидов и диоксидов серы. Диоксид серы составляет около 95 % отходящих газов предприятий комбината [2].

Далее рассмотрим уровень концентрации техногенного загрязнения торфяных почв валовой серой, сравнивая его с фоном (содержанием серы в торфе болота «Горбиачин»). Расчеты показали, что коэффициент техногенной концентрации химического элемента в поверхностных образцах торфа (0–5 см), отобранных из мочажины с открытой водной поверхностью, сухой мочажины и пятна «голового» торфа равен 4,1, 4,8 и 1,9 раз, соответственно (табл. 2).

В слоях торфа, расположенных на глубине 5–10 см, содержание серы и коэффициент концентрации значительно меньше. В образцах торфа, отобранных из плоского торфяного бугра и сухой деградированной моховой гряды содержание валовой серы ниже фона и коэффициент техногенной концентрации ниже единицы. Это можно объяснить тем, что торф этих элементов микрорельефа подвергся значительной деградации с глубоким разрушением органического вещества, что привело к снижению его способности поглощать серу.

Таблица 1

**Валовое содержание элементов в торфе, мг/кг (числитель)
и коэффициент техногенной концентрации (знаменатель) в зависимости микрорельефа болота**

Условное название болот, расстояние и направление от источника выбросов	Глубина отбора торфа, см	Cu	Ni	Co	Pb
«Горбачин», 200 км на юг	0–5	9,3	7,3	2,4	5,6
	5–10	46,9	16,0	3,1	0,4
«Рыбная», 35 км на юго-восток	<i>Плоский торфяной бугор</i>				
	0–5	<u>121,9</u> 13,1	<u>181,0</u> 24,8	<u>14,7</u> 6,1	<u>18,2</u> 3,2
	5–10	<u>37,2</u> 0,7	<u>42,9</u> 2,6	<u>14,6</u> 4,7	<u>11,9</u> 29,5
	<i>Мочажина с открытой водной поверхностью</i>				
	0–5	<u>610,9</u> 65,6	<u>1286,9</u> 176,3	<u>26,8</u> 11,2	<u>23,7</u> 4,2
	5–10	<u>210,2</u> 4,5	<u>324,0</u> 20,5	<u>11,2</u> 3,6	<u>7,6</u> 19,0
	<i>Сухая мочажина</i>				
	0–5	<u>705,3</u> 75,8	<u>1641,0</u> 224,8	<u>38,2</u> 15,9	<u>18,6</u> 3,3
	5–10	<u>692,8</u> 14,8	<u>1209,4</u> 75,5	<u>28,5</u> 9,2	<u>12,0</u> 30,0
	<i>Сухая деградированная моховая гряда</i>				
	0–5	<u>193,5</u> 20,8	<u>309,6</u> 42,4	<u>15,6</u> 6,5	<u>8,8</u> 1,6
	5–10	<u>314,9</u> 6,7	<u>505,3</u> 31,6	<u>14,6</u> 4,7	<u>12,9</u> 32,2
	<i>Пятно «голового» торфа</i>				
	0–5	<u>869,5</u> 93,5	<u>1365,9</u> 187,1	<u>48,7</u> 20,3	<u>26,6</u> 4,7
	5–10	<u>150,4</u> 3,2	<u>124,8</u> 7,8	<u>4,4</u> 1,1	<u>1,4</u> 11,0

Таблица 2

**Валовое содержание серы в торфе, мг/кг из различных микроэлементов болота (числитель)
и коэффициент техногенной концентрации (знаменатель)**

Глубина отбора торфа, см	Фон	Плоский торфяной бугор	Мочажина с открытой водной поверхностью	Сухая мочажина	Сухая деградированная моховая гряда	Пятно «голового» торфа
0–5	1530,0	<u>610,0</u> 0,4	<u>6270,0</u> 4,1	<u>7300,0</u> 4,8	<u>850,0</u> 0,5	<u>2936,0</u> 1,9
5–10	3980,0	<u>2366,0</u> 0,6	<u>7470,0</u> 1,9	<u>7600,0</u> 1,9	<u>150,0</u> –	<u>2160,0</u> 0,5

Таким образом, установлено, что торф, взятый на анализ из разных микрокомплексов болотной экосистемы «Рыбная», сильно загрязнен медью, никелем, кобальтом и свинцом. Наименее устойчивыми к такому загрязнению оказались дренированные участки

болота – плоские торфяные бугры и сухие деградированные моховые гряды, о чем свидетельствуют прерывисто-куртинный характер травяно-кустарничкового покрова, бедный флористический состав и визуально заметные признаки поражения гидроморфной растительности. Торфообразование здесь полностью прекратилось.

Мочажины с избыточным и достаточно хорошим увлажнением, несмотря на явные критические нагрузки, не дают видимой реакции на повышенное содержание в торфе техногенных поллютантов, о чем свидетельствует визуальная оценка состояния их растительности. Ранее также отмечалось [3], что в болотах из-за накопленной в них полуразложившейся органики не происходит ухудшения произрастания растительности из-за увеличения антропогенного пресса.

Литература

1. Пристяжнюк С. А. Оценка состояния растительного покрова методами лишеноиндикации (на примере Севера Средней Сибири) // Сиб. экол. журн. – 2008. – № 3. – С. 407–415.
2. Большой Арктический заповедник/ Е. Е. Сыроечковский, В. Б. Куваев [и др.] // Заповедники России. Заповедники Сибири. – М.: Логата, 2000. – С. 56–81.
3. Арманд А. Д., Кайданова В. В., Кушнарева Г. В., Добродеев В. Г. Определение пределов устойчивости геосистем на примере окрестностей Мончегорского металлургического комбината // Известия Акад. наук. Сер. геогр. – 1991. – № 1. – С. 93–104.

THE CONTENTS OF HEAVY METALS AND SULFUR IN BACKGROUND AND TECHNOGENIC POLLUTED BOGS

L. V. Karpenko

The comparative analysis of the contents of heavy metals and sulfur in peats background and technogenic polluted bogs is resulted. A source of pollution – Open Society GMK «Norilsk nickel».

ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ БОЛОТНЫХ ВОД ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ РЕСПУБЛИКИ АЛТАЙ¹

С. А. Козлова*, М. В. Шурова*, Г. В. Ларина**

*Горно-Алтайский НИИ сельского хозяйства, с. Майма, imergen@yandex.ru

**Горно-Алтайский государственный университет, г. Горно-Алтайск, knh@gasu.ru

В работе приводится характеристика химического состава болотных вод Центральной части Республики Алтай.

Химический состав болотных вод отличается от химического состава поверхностных и подземных вод и зависит от типа торфяной залежи и климатических условий. К факторам формирования химического состава болотных вод относятся географическое и геоморфологическое положение болот, состав подстилающих пород, температурный режим, определяющий интенсивность биохимических процессов. Также формирование химического состава болотных вод происходит при участии атмосферных осадков, грунтовых и поверхностных вод. Болотные воды обогащены различными органическими соединениями гумусовой природы. Болотные воды представляют особый тип природных вод, который занимает промежуточное положение между водами, поступающими в болото и стекающими с него [1].

Объекты и методы исследований

Объектами исследований являются болотные воды с болот и заболоченностей Усть-Канского, Усть-Коксинского, Онгудайского районов Республики Алтай.

Отбор проб болотной воды на химический анализ проводился на Абайском торфяном месторождении, на болотах Ябоганское, Тюгюрюк, Соузар, Карагай, на пойменном болоте по руслу р. Каярлык, на болоте вокруг оз. Теньгинское. Общий химический анализ воды проводился по общепринятым методикам [2, 3] в аналитической лаборатории Горно-Алтайского НИИ сельского хозяйства СО РАСХН. Содержание марганца, мышьяка, кадмия, меди ртути, свинца и цинка определялся инверсионным вольтамперометрическим методом в испытательной лаборатории ФГУ здравоохранения Центр гигиены и эпидемиологии в Республике Алтай (МУ 31-10/04, МУ 08-471/163).

Результаты исследований

Образование болот в Центральном Алтае объясняется наличием крупных межгорных впадин, занятых в ледниковый период водными бассейнами. Анализ форм рельефа и состава рыхлых отложений, заполняющих впадины, показывает их озерно-ледниковое происхождение. После уничтожения основного ледникового покрова резко сократился приход воды, и процесс ликвидации озер ускорился. Крупные массивы болот образовались в результате зарастания и заиления высокогорных озер. Большие болотные массивы имеются в Абайской долине (Абайское болото, Усть-Коксинский район), в бассейне правых притоков р. Чарыш (Канское и Ябоганское болота, Усть-Канский район). Благодаря этим болотным массивам Усть-Канский район имеет наивысший процент заболоченности по Республике Алтай.

Крупнейшее болото Горного Алтая, *Тюгюрюкское*, обязано своим существованием Теректинскому хребту, перехватывающему и осаждающему осадки, и температурным инверсиям. Над днищем обширной горной котловины скапливается холодный воздух, определяющий не только низкую испаряемость, но и промерзание торфяной толщи, мерзлые

¹ Работа выполнена при поддержке грантов РФФИ (09-05-00235, 09-05-99007- р-офи, 09-05-00395), при финансовой поддержке Федерального агентства по науке и инновациям (Госконтракт № 02.740.11.0325).

слои которой не пропускают влагу. Болото относится к низинному типу, расположено в бассейне реки Тюгүрюк. Площадь болотного массива 87,5 км². В геоморфологическом плане располагается на пологих склонах верховьев реки Тюгүрюк [4, 5].

Климат Центрального Алтая резко континентальный. В январе средняя температура –19 °С. Продолжительность периода со снежным покровом 150–160 дней. Продолжительность безморозного периода самый короткий для среднегорной зоны – 55–70 дней, средняя температура июля +14 °С. Но Теньгинская и Канская котловины отличаются засушливостью климата и среднегодовое количество осадков составляет 300–350 мм, а в Абайской – 400–450 мм [5].

Согласно исследованиям (табл. 1) болотные воды вышеназванных территорий нейтральные, слабощелочные, отличаются высокой минерализацией (213,5–580,7 мг/л). Высокая минерализация объясняется тем, что болота имеют смешанное питание – наряду с атмосферными осадками в нем участвуют поверхностные и грунтовые воды.

Таблица 1

Химический состав болотных вод

Компоненты, мг/л	Пункты отбора						
	Ябоганское	Абайское	Тюгүрюк	Соузар	Карагай	Каярлык	Болото вокруг оз. Теньгинское
pH	8,0	7,4	7,1	7,7	7,7	7,7	7,9
Na ⁺ +K ⁺	88,9	51,2	34,3	44,9	42,6	42,6	22,3
Ca ²⁺	92,0	82,5	37,5	98,0	110,0	43,0	90,0
Mg ²⁺	28,6	13,4	6,9	20,9	12,8	4,9	66,9
NH ₄ ⁺	1,2	0,3	0,6	0,4	0,7	0,07	0,5
Cl ⁻	26,5	4	4	2,5	4,0	3,5	23,5
NO ₃ ⁻	>0,1	>0,1	>0,1	>0,1	>0,1	>0,1	>0,1
HCO ₃ ⁻	475,8	338,6	179,9	451,4	414,8	201,3	201,3
Fe _{общ}	0,43	0,14	0,02	0,19	0,13	0,13	0,75
Бихроматная окисляемость	44	52	62	60	32	38	40
Гуминовые кислоты	3,1	3,2	4,3	5,0	5,2	2,4	2,5
Фульвокислоты	7,3	20,28	9,4	9,7	14,1	10,5	11,4
Минерализация	576,2	403,4	213,5	441,6	440,6	241,1	580,7

Среди катионов преобладает кальций, среди анионов – гидрокарбонат-ион. Максимальные концентрации кальция (110,0 мг/л) и гидрокарбонат-иона (475,8 мг/л) наблюдаются в болотных водах Ябоганского болота. С ростом минерализации увеличивается концентрация Ca²⁺, концентрация Mg²⁺ меньше концентрации Ca²⁺ от 1,3 до 8 раз и составляет от 4,7 до 66,9 мг/л.

Выявляется тесная взаимосвязь величины pH болотных вод с их химическим составом, прежде всего с концентрацией HCO₃⁻. Высокие концентрации гидрокарбонат-иона (от 179,9 до 475,8 мг/л) в основном определяют нейтральную и слабощелочную среду болотных вод.

Характерны невысокие концентрации аммония (0,07–1,2 мг/л). Установлены также незначительные содержания ионов железа (0,02–0,75 мг/л) (табл. 1) и других элементов (табл. 2).

Распределение ионов в водах болот Ябоганское, Тюгүрюкское, Каярлыкское имеет следующий порядок: HCO₃⁻ > Ca²⁺ > Na⁺ + K⁺ > Mg²⁺ > Cl⁻; в водах болот Соузарское, Карагайское – HCO₃⁻ > Ca²⁺ > Na⁺ + K⁺ > Mg²⁺ > Cl⁻; в воде болота вокруг озера Теньгинское – HCO₃⁻ > Ca²⁺ > Mg²⁺ > Cl⁻ > Na⁺ + K⁺. Такое распределение ионов в исследованных болотных водах объясняется влиянием подстилающих карбонатных пород на химический состав болотных вод.

Содержание элементов в болотной воде

Элементы, мг/л	Пункты отбора						
	Ябоганское	Абайское	Тюгүрюк	Соузар	Карагай	Каярлык	Болото вокруг оз. Теньгинское
Cu	>0,0006	>0,0006	>0,0006	>0,0006	>0,0006	>0,0006	>0,0006
Zn	0,0005	0,0084	0,0009	0,0012	0,0004	0,0006	0,0005
Mn	>0,005	>0,005	>0,005	>0,005	>0,005	>0,005	>0,005
Pb	0,0003	0,0004	0,0002	0,0003	0,0002	0,0003	>0,001
Cd	>0,0002	>0,0002	>0,0002	>0,0002	>0,0002	>0,0002	>0,0002
Hg	>0,00004	>0,00004	>0,00004	>0,00004	>0,00004	>0,00004	>0,00004
F	0,3	0,13	0,12	0,25	>0,05	>0,005	>0,05
J	0,21	0,08	0,014	0,007	0,0316	0,0071	0,008
As	>0,002	>0,002	>0,002	>0,002	>0,002	>0,002	>0,002

Среди гуминовых веществ в болотных водах выделяют две главные совокупности: гуминовые кислоты (ГК) и фульвокислоты (ФК). Фульвокислоты более растворимы, что объясняется высоким вкладом в их структуру карбоксильных групп и фенольных оксигрупп. Поэтому содержание ФК в болотных водах почти на порядок превышает содержание ГК [7, 8]. Как отмечалось выше минерализация этих вод весьма высокая, при низком содержании органических соединений: менее 20,3 мг/л. Исследуемые болотные воды бедны органическими веществами, что подтверждается невысокими концентрациями гуминовых, фульвокислот и бихроматной окисляемости.

Таким образом, воды исследованных болотных массивов характеризуются повышенной общей минерализацией воды – от двух сотен до 580 мг/л, гидрокарбонатно-кальциевым составом, нейтральной и слабощелочной средой, что характерно для низинных болот. Содержание в воде органических соединений низкое: не более 62, нередко до 32 мг/л.

Литература

1. Инишева Л. И. Условия формирования и геохимия болотных вод // Болота и биосфера: Вторая научная школа. – Томск: ЦНТИ, 2003. – С. 38–49.
2. Унифицированные методы исследования качества вод. – М.: СЭВ, 1983. – Т. 2. – Ч. 1. – 195 с.
3. Технический анализ торфа. – М.: Недра, 1992. – 358 с.
4. Рудский В. В. Природопользование в горных странах (на примере Алтая и Саян). – Новосибирск: Наука, 2000. – 207 с.
5. Волкова И. И. О крупнейшем болоте Горного Алтая // Материалы VI Международной научно-практической конференции «Проблемы ботаники Южной Сибири и Монголии». – Томск, 2003. – С. 125.
6. Модина Т. Д. Климаты Республики Алтай. – Новосибирск, 1997. – 177 с.
7. Варшал Г.М. Методы анализа природных и сточных вод // Проблемы аналитической химии. Т. 5. – М.: Наука, 1997. – С. 95-107.
8. Варшал Г. М., Велюханова Т. К., Кошечева И. Я. Геохимическая роль гуминовых кислот в миграции элементов // Гуминовые вещества в биосфере. – М.: Наука, 1993. – С. 97–117.

CHEMICAL COMPOUND OF BOG WATERS OF CENTRAL PART REPUBLIC ALTAI

S. A. Kozlova, M. V. Shurova, G.V. Larina

In work the characteristic of chemical compound of bog waters central part Republic Altai is resulted.

МЕТОД РАСЧЕТА СОДЕРЖАНИЯ НЕФТЕПРОДУКТОВ В ПОЧВАХ

Н. Г. Кокорина, А. А. Околелова, И. А. Куницына

Волгоградский государственный технический университет, г. Волгоград, KokorinaNG@yandex.ru

Показана возможность расчета содержания нефтепродуктов в почвах в зависимости от местонахождения месторождения нефти и её качественного состава. Приведены и рассчитаны содержания нефтепродуктов для 14 областей РФ и 107 месторождений нефти. Введен коэффициент накопления нефтепродуктов в зависимости от качественного состава нефти, позволяющий судить о концентрации накопления нефтепродуктов в почве при разливах нефти различного качественного состава.

Естественные объективные причины значительно усложняют проблему нормирования нефти и нефтепродуктов в почвах: полифункциональность почвы, ее гетерогенность, разнообразие химических форм связи поллютантов, способность живых организмов к адаптации, почв – к самовосстановлению и самоочищению.

Почвы считаются загрязненными, если концентрация нефтепродуктов достигает уровня, при котором проявляется негативное влияние на живые организмы и растения, в частности: начинается угнетение или деградация растительного покрова; снижается продуктивность почв и деятельность других функций; происходит вытеснение растений с более узким диапазоном толерантности более выносливыми растениями; отмечается вымывание нефти из почв в подземные воды; негативно изменяется водно-физические свойства и структура почв [1].

Независимо от методики определения нефтепродуктов в почвах, необходим обязательный учет содержания в почве специфических и неспецифических органических соединений самой почвы. При значительном накоплении нефтепродуктов актуальна проблема правильного расчета их содержания.

Существуют методики, по которым долю нефтепродуктов в почве определяют по содержанию в ней органического углерода. Но сами нефтепродукты содержат не только углерод. Значит, их концентрация будет больше.

Предлагаем для учета количества нефтепродуктов (а не только углерода) ввести поправочный коэффициент K_n – коэффициент накопления нефтепродуктов в почве и формулу его определения.

$$K_n = 100/n,$$

где K_n – коэффициент накопления нефтепродуктов в почве; n – суммарная доля углерода всех индивидуальных углеводородов, входящих в состав нефти, %; 100 – поправочный коэффициент.

Расчет суммарной доли углерода представлен на примере нефти Коробковского месторождения Волгоградской области. Ее состав в массовых процентах: этана (C_2H_6) – 2,30, пропана (C_3H_8) – 19,60, изобутана (C_4H_{10}) – 21,00, н-бутана (C_4H_{10}) – 57,10 [2].

Долю углерода в молекуле этана рассчитывают по формуле:

$$\omega_{C(C_2H_6)} = \frac{28}{34} = 82,35\%,$$

где $\omega_{C(C_2H_6)}$ – доля углерода в молекуле этана; 28 – атомный вес углерода, 34 – атомный вес этана.

Для определения процентного содержания этана в составе нефти (x) составляем пропорцию:

$$\begin{array}{rcl} & 184 & \\ 2,30 & 100 \% & \\ x & 82,35 \% & \end{array}$$

тогда получим

$$X = C_{(C_2H_6)} = 1,89 \text{ г.}$$

Аналогично рассчитываем долю углерода в молекуле пропана:

$$\omega_{C(C_3H_8)} = \frac{36}{42} = 85,71\%,$$

где $\omega_{C(C_3H_8)}$ – доля углерода в молекуле пропана; 36 – атомный вес углерода; 42 – атомный вес пропана.

Для определения процентного содержания пропана в составе нефти (x) составляем пропорцию:

$$\begin{array}{rcl} 19,60 & 100 \% & \\ x & 85,71 \% & \end{array}$$

из пропорции получим

$$X = C_{(C_3H_8)} = 16,8 \text{ г.}$$

Суммарная доля *n*-бутана и изо-бутана составляет 78,1 %, а, значит, доля углерода в молекуле бутана будет равна:

$$\omega_{C(C_4H_{10})} = \frac{48}{58} = 82,76\%,$$

где $\omega_{C(C_4H_{10})}$ – доля углерода в молекуле бутана; 48 – атомный вес двух молекул углерода, 58 – атомный вес молекулы бутана. Подставляем полученное значение в пропорцию:

$$\begin{array}{rcl} 78,10 & 100 \% & \\ x & 82,76 \% & \end{array}$$

получим:

$$X = C_{(C_4H_{10})} = 64,71 \text{ г.}$$

Складываем долю *Сорг* в составе нефти:

$$n = \sum X_{ОБЩ} = X_{(C_2H_6)} + X_{(C_3H_8)} + X_{(C_4H_{10})} = 1,89 + 16,8 + 64,71 = 83,4 \text{ г}$$

и находим коэффициент накопления:

$$Kn = \frac{100}{83,4} = 1,2.$$

Используя данные о качественном составе нефтей 14 месторождений, расположенных в различных географических регионах Российской Федерации, опубликованные в Информационном банке данных [2], мы просчитали коэффициент накопления для 107 нефтей различных месторождений. Мы осознаем, что при наличии более детальных данных о качественном составе нефтей, значение коэффициента накопления будет уточняться (табл.1).

Таким образом, нами показана возможность определения нефтепродуктов в почве для основных регионов России. Коэффициент накопления изменяется в узком диапазоне, равном 1,19–1,21.

Таблица 1

Состав нефтей и значения коэффициента накопления, K_N

Месторождение	Содержание индивидуальных УВ, % масс.				Сумма Сорг, г/100г	K _N
	C ₂ H ₆	C ₃ H ₈	Изо-C ₄ H ₁₀	n-C ₄ H ₁₀		
Республика Коми, K _{N(Средняя)} = 1,197 = 1,20						
Западно-тэбукская нефть	1,30	20,30	13,90	64,50	83,35	1,20
Панинкая нефть	3,30	32,40	14,9	49,4	83,7	1,19
Усинкая нефть	3,00	30,80	11,6	54,6	83,66	1,20
Республика Удмуртия, K _{N(Средняя)} = 1,197 = 1,20						
Кудинская нефть	0,50	14,30	19,20	66,00	83,18	1,20
Павловская нефть, турнейский	44,40	16,40	-	39,20	83,07	1,20
Чернышейско-Батырбайская нефть (смесь)	0,40	20,20	23,40	56,0	83,35	1,20
Ярино-каменоложская нефть	6,50	33,20	16,60	43,70	84,05	1,19
Пермская область, K _{N(Средняя)} = 1,205 = 1,21						
Машинская нефть	14,40	10,80	41,30	33,05	83,02	1,21
Тимеевская нефть	0,60	19,30	23,90	56,20	83,32	1,20
Республика Башкирия, K _{N(Средняя)} = 1,232 = 1,23						
Ардано-Чекмагушская нефть (смесь)	1,3	23,6	17,60	57,50	83,45	1,20
Знаменская товарная нефть	5,30	33,90	16,50	44,30	83,74	1,19
Туймазинская нефть (смесь)	1,20	29,00	14,90	54,90	83,62	1,20
Шкаловская нефть (смесь)	3,10	23,90	15,20	57,70	83,36	1,20
Югамашевская нефть	3,40	17,50	14,00	65,10	71,68	1,40
Республика Татарстан, K _{N(Средняя)} = 1,19						
Новоелховская нефть	6,10	43,60	17,60	32,70	85,02	1,18
Прикамская	2,90	35,30	14,50	47,30	83,8	1,19
Ромашкинская нефть (смесь)	6,30	37,30	13,60	42,80	83,84	1,19
Соколинско-Сарапинская нефть	3,20	37,30	14,70	44,80	83,85	1,19
Ямашинская нефть	3,00	27,50	15,10	54,40	83,56	1,20
Товарная смесь нефтей НГДУ «Яманнефть»	5,40	38,90	14,20	41,50	83,89	1,19
Самарская область, K _{N(Средняя)} = 1,197 = 1,20						
Аланаевская нефть,	6,00	36,60	9,80	47,60	83,81	1,19
Богатовская нефть (смесь)	0,40	17,90	17,40	64,30	83,28	1,20

Продолжение табл. 1

Месторождение	Содержание индивидуальных УВ, % масс.					Сумма Сорг, г/100г	K _N
	C ₂ H ₆	C ₃ H ₈	Изо-C ₄ H ₁₀	H-C ₄ H ₁₀			
Дмитриевская нефть	2,90	39,30	7,80	50,00		83,91	1,19
Жигулевская нефть	3,30	29,80	15,80	51,10		83,63	1,20
Кинельская нефть (смесь)	4,80	30,10	11,50	53,60		83,63	1,20
Медведевская нефть	2,20	26,20	22,00	49,60		83,53	1,20
Мухановская нефть (смесь)	0,50	25,70	10,00	63,80		83,52	1,20
Сергиевская нефть	3,10	33,00	11,40	52,50		83,71	1,20
Чапаевская нефть (смесь)	2,70	40,20	15,60	41,50		83,94	1,19
Оренбургская область, K _{N(Средняя)} = 1,20 = 1,20							
Повховская нефть, БВ ₈	0,40	15,60	18,90	65,10		83,71	1,20
Поточная нефть, БВ ₆	1,00	16,60	22,20	60,20		83,24	1,20
Покровская нефть	2,40	31,40	10,40	55,80		83,67	1,20
Родинская нефть	2,90	29,60	15,30	52,20		83,62	1,20
Саратовская область, K _{N(Средняя)} = 1,20 = 1,20							
Соколовогорская нефть	0,80	10,90	22,00	66,30		83,08	1,20
Волгоградская область, K _{N(Средняя)} = 1,20 = 1,20							
Коробковская нефть	2,30	19,60	21,00	57,10		83,40	1,20
Чечня, Ингушетия, K _{N(Средняя)} = 1,20 = 1,20							
Брагунская нефть	20,00	20,00	20,00	40,00		83,27	1,20
Октябрьская нефть	16,70	20,80	20,80	41,70		83,31	1,20
Эльдаровская нефть	0	15,00	18,30	66,70		83,21	1,20
Ставропольский край, K _{N(Средняя)} = 1,204 = 1,20							
Величаевская нефть (смесь)	11,50	19,20	23,10	46,20		83,28	1,21
Колодезная нефть (смесь)	8,10	21,60	27,00	43,30		83,36	1,20
Озенсуантская нефть	0	0	50,00	50,00		82,76	1,21
Краснодарский край K _{N(Средняя)} = 1,20 = 1,20							
Абино-Украинская нефть	0	20,00	80,00	0		83,35	1,20
Троцко- Анастасьевская нефть	5,60	22,20	27,80	44,40		83,39	1,20
Хадыженская нефть	0	8,80	17,60	73,60		83,02	1,21
Нефть Западной Сибири							
Аганская нефть	0,70	22,20	16,10	61,00		83,42	1,20

Месторождение	Содержание индивидуальных УВ, % масс.				Сумма Сорг, г/100г	K _N
	C ₂ H ₆	C ₃ H ₈	Изо-C ₄ H ₁₀	N-C ₄ H ₁₀		
Варьеганская нефть (смесь)	0,30	10,00	16,10	73,60	83,06	1,20
Ватинская нефть, Б _x	0,80	24,90	16,40	57,90	83,49	1,20
Восточно-Сургутская нефть ₁₀	1,00	16,90	16,50	65,60	83,25	1,20
Вэнга – Яхинская нефть	12,20	1,00	7,60	79,20	82,75	1,21
Ен-Яхинская нефть	2,50	29,20	20,20	48,10	83,62	1,20
Ершовская нефть	1,80	24,70	16,20	57,30	83,48	1,20
Западно-Сургутская нефть	1,50	14,20	19,90	64,40	83,34	1,20
Лас-Еганская нефть	1,30	13,00	25,50	60,20	83,14	1,20
Муравленковская нефть	1,10	14,30	35,70	48,90	83,18	1,20
Нижне-Вартовская нефть (смесь)	0,50	10,40	18,60	70,50	83,06	1,20
Новогонная нефть	0,20	13,70	19,60	66,50	83,16	1,20
Салымская нефть ₀	4,30	28,60	10,90	56,80	84,08	1,19
Самотлорская нефть (смесь)	0,80	25,30	16,50	57,40	83,5	1,20
Северо-Варьеганская нефть	0	1,60	15,90	82,50	82,81	1,21
Тагринская нефть	0,20	8,00	30,20	61,60	82,99	1,21
Талинская нефть	3,00	27,70	16,60	52,70	83,56	1,20
Тарасовская нефть	1,80	18,60	23,40	56,20	83,3	1,20
Томская	0,30	13,80	22,20	63,10	83,17	1,20
Уренгойская нефть	15,90	0	23,90	60,20	82,69	1,21
Харвутинская нефть	0,20	3,60	40,30	55,90	82,87	1,21
Хохряковская нефть ₀	1,10	25,60	18,80	54,50	83,51	1,20
Шаймская нефть	1,20	25,80	17,20	55,80	83,51	1,20
Южно – Балыклейская нефть	0,30	14,10	14,80	70,80	83,18	1,20
Смесь бинарного центрального товарного сорта	0,40	18,00	17,00	64,60	83,29	1,20
Восточная Сибирь, K _{N(Средняя)} = 1,20						
Средне-Ботубининская нефть	5,40	34,00	14,60	45,20	83,08	1,20
Нефть острова Сахалин, K _{N(Средняя)} = 1,19						
Колендинская нефть	4,90	8,60	40,60	49,70	86,14	1,16
Нефть месторождения ОДОПТУ	10,00	11,10	51,60	27,30	83,05	1,20
Нефть месторождения Чайво-море	0,90	21,70	18,50	58,90	83,40	1,20

Для определения доли нефти или нефтепродуктов в почве, определенном по содержанию органического углерода, предлагаем его значение умножать на коэффициент накопления, который в среднем равен 1,2.

Литература

1. Методика по геохимической оценке источников загрязнения окружающей среды. – М., 1995.
2. Радченко Е. Д., Каминский Э. Ф., Дриадская З. В., Мхчян М. А. Терешина И. В. Информационный банк данных по качеству нефтей СССР и нефтепродуктов: Каталог-справочник. – М.: ЦНИИТЭНефтехим, 1983. – Ч. 1. – 197 с.

METHOD OF CALCULATION OF THE MAINTENANCE OF MINERAL OIL IN SOILS

N.G. Kokorina, A.A. Okolelova, I. A. Kunitsyna

Possibility of calculation of the maintenance of mineral oil in soils depending on a site of an oil field and its qualitative structure is shown. Maintenances of mineral oil for 14 areas of the Russian Federation and 107 oil fields are resulted and calculated. The factor of accumulation of mineral oil depending on qualitative structure of the oil is entered, allowing to judge concentration of accumulation of mineral oil in soil at floods of oil of various qualitative structure.

ФИТОЦЕНОТИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ И РЕСУРСЫ КЛЮКВЫ БОЛОТНОЙ В ПОЛЕСЬЕ УКРАИНЫ

В. К. Коновальчук

Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины, г. Киев
Konovalchuk@twin.nauu.kiev.ua

На природных сфагновых болотах Украины произрастает клюква 2-х видов: *Oxycoccus palustris* Pers. (sin. *Oxycoccus quadripetalus* Gilib.) и *Oxycoccus microcarpus* Turcz. ex Rupr., которые образуют определенные растительные сообщества. В работе приведены результаты изучения фитоценологических особенностей и ресурсов клюквы болотной (*Oxycoccus palustris* Pers.) в условиях Полесья Украины.

Изучением болот и ресурсов клюквы на Украине занимались многие исследователи [1–5]. Анализ материалов по лесоустройству, материалов торфяно-болотного фонда, литературных данных и проведенных нами маршрутно-экспедиционных исследований показал, что большинство болот с произрастанием клюквы расположены в Ровенской и Волынской областях Украины. В Ровенской области наибольшие ягодники расположены в районах: Дубровицком (ГП «Высоцкое лесное хозяйство», ГП «Дубровицкое лесное хозяйство»), Заречнянском (ГП «Заречнянское лесное хозяйство»), Рокитновском (ГП «Рокитновское лесное хозяйство») и некоторых других. Как показали исследования, крупнейшие и обильные ягодники клюквы расположены на болотах с залежами торфа верхового и переходного типов в северо-западной части республики – в Ровенской и Волынской областях.

На верховых и переходных болотах Украины клюква болотная (*Oxycoccus palustris* Pers) имеет невысокую урожайность – 100–200 кг/га и занимает небольшую общую площадь. Осушение болот и добыча торфа в 60–80-х годах в Полесье Украины привели к значительному уменьшению площадей, занятых клюквой болотной. Вследствие снижения уровня грунтовых вод создались неблагоприятные экологические условия для произрастания клюквы на многих болотах, в том числе и на территории природно-заповедного фонда. В последние годы увеличивается антропогенное давление на дикорослые ягодники вследствие вытапывания людьми, что связано с увеличением спроса на ягоды клюквы на внутреннем и внешнем рынках.

Методика исследований. При изучении распространения клюквы болотной проводились маршрутные обследования болот и лесов, использовались материалы лесоустройства. Закладка пробных площадей и учет проективного покрытия и урожайности клюквы проводились по соответствующим методикам [6–8]. Активную кислотность воды в растительных сообществах определяли рН-метром. При определении проективного покрытия клюквы, биометрических показателей растений (высота и диаметр, прирост побегов и др.) применялись общепринятые методики [9].

Для закладки пробных площадей и проведения исследований нами были подобраны участки с обильным ростом клюквы болотной в Черемском природном заповеднике (ЧПУ), в Волынской области и в государственном предприятии «Высоцкое лесное хозяйство» возле с. Вербивка Ровенской области.

Результаты исследований. Установлено, что важным экологическим фактором, влияющим на урожайность клюквы в природных болотных фитоценозах, являются заморозки в период цветения. Для проведения исследований нами подобраны участки с обильным ростом клюквы болотной в Черемском природном заповеднике (ЧПУ) в Волынской области и государственном предприятии «Высоцкое лесное хозяйство» возле с. Вербивка Ровенской области. В ЧПУ на протяжении ряда лет ведется изучение растительных

группировок с клюквой болотной. Клюква болотная на естественных болотах растет всегда со сфагновыми мхами и определенной группой растений. У клюквы болотной плоды растут на побегах, которые стелятся по сфагновому мху. Вместе с клюквой в растительных сообществах растут деревья и травяные растения. Клюква встречается на открытых болотах, а также на болотах с древесным ярусом сосны. На сфагновых болотах растут одинокие невысокие сосны с высотой 1–4 м. На болотах, где вода стоит вблизи поверхности, деревья растут на кочках. На естественных болотах с клюквой растут *Pinus silvestris* L., *Betula pendula* L. и различные виды *Salix*, *Alnus* и др. Клюква растет также на открытых болотах, где нет деревьев, в сообществах мхов, травянистых растений и кустарников.

В ЧПУ на протяжении ряда лет ведется изучение растительных группировок с клюквой болотной. В результате обследования было выявлено, что клюква болотная встречается чаще в следующих растительных ассоциациях: сосново-кустарниково-сфагновых, пушицево-кустарниково-сфагновых, осоково-кустарниково-сфагновых, камышово-кустарниково-сфагновых. Наибольшее распространение имеют растительные сообщества:

Pinus silvestris – *Eriophorum vaginatum* – *Vaccinium oxycoccus* – *Sphagnum fallax*;

Eriophorum vaginatum – *Vaccinium oxycoccus* – *Sphagnum fallax* + *Sphagnum magellanicum*;

Carex lasiocarpa – *Vaccinium oxycoccus* – *Sphagnum fallax* + *Sphagnum magellanicum*;

Phragmites australis – *Vaccinium oxycoccus* – *Sphagnum fallax* + *Sphagnum magellanicum*.

На некоторых сфагновых болотах Ровенской, Волынской и Житомирской областей встречается клюква мелкоплодная, занесенная в Красную книгу Украины. Клюква мелкоплодная имеет тонкие побеги и мелкие ягоды, на природных болотах встречается редко и промышленного значения не имеет.

Установлено, что урожайность, размеры и масса ягод клюквы меняются в зависимости от растительных сообществ. На производительность клюквы влияют такие факторы, как уровень грунтовых вод, освещенность, кислотность субстрата, фитоценотическое окружение растений и другие. Кроме того, важным экологическим фактором, влияющим на урожайность клюквы в природных болотных фитоценозах, являются заморозки в период цветения.

Произрастание клюквы способствует сохранению биоразнообразия болот. Плоды клюквы являются пищей для многих видов птиц и зверей, что имеет большое значение для их существования.

На многих болотах Полесья Украины создались неблагоприятные экологические условия для видового сохранения клюквы. На клюквенных болотах проводится стихийная заготовка дикорастущих ягод различными заготовительными организациями, которые не заботятся о сохранении ягодников и болот. Предприятия и местные Советы, которым принадлежат эти земли, не осуществляют контроля над ягодниками и не вкладывают средства в их сохранение. Сбор ягод чаще проводится в незрелом состоянии – в августе месяце, что приводит к потере значительной части урожая из-за гниения ягод и низкого качества. Урожаи дикоросов на природных болотах постоянно уменьшаются и не удовлетворяют потребностей рынка и перерабатывающей промышленности.

Определение площадей под клюквой на болотах с верховой и переходной залежами торфа проводилось по материалам Торфяного фонда, лесоустройства и по результатам маршрутных обследований болот. На основных болотах Волынского Полесья Украины верховые и переходные болота с клюквой занимают площадь около 42 тыс. га. Ежегодно с них собирается 1–2 тыс. тонн ягод клюквы болотной. Урожайность клюквы на природных болотах зависит от погодных условий каждого года.

На основании проведенной работы можно сделать следующие выводы:

1. Материалы Торфяного фонда и лесоустройства являются основой при оценке ресурсов клюквы болотной.

2. Клюква болотная встречается на болотах верхового и переходного типов, чаще в следующих растительных ассоциациях: сосново-кустарничково-сфагновые, пушицево-кустарничково-сфагновые, осоково-кустарничково-сфагновые, тростниково-кустарничково-сфагновые.
3. Наибольшее распространение имеют растительные сообщества:
Pinus silvestris – *Eriophorum vaginatum* – *Vaccinium oxycoccus* – *Sphagnum fallax*;
Eriophorum vaginatum – *Vaccinium oxycoccus* – *Sphagnum fallax* + *Sphagnum magellanicum*;
Carex lasiocarpa – *Vaccinium oxycoccus* – *Sphagnum fallax* + *Sphagnum Magellanicum*;
Phragmites australis – *Vaccinium oxycoccus* – *Sphagnum fallax* + *Sphagnum magellanicum*.

Литература

1. Брадис Е. М., Бачурина А. Ф. Растительность УССР: Болота. – Киев: Наукова думка, 1969. – 242 с.
2. Григора И. М. Болота водозбору нижньої течії р. Стиру в межах Української РСР. – Киев: Изд-во АН УРСР, 1958. – 37 с.
3. Брадис Е. М., Андриенко Т. Л., Прядко Е. И. Динамика растительного покрова болот Украинского Полесья при вступлении в мезотрофную стадию // Генезис и динамика болот. Вып. 1. – М.: Изд-во Московского гос. ун-та, 1978. – С. 162–168.
4. Конищук В. В. Оценка разнообразия экосистем Черемского природного заповедника на основе картографического моделирования. Автореф... канд. биол. наук. – Киев, 2006. – 20 с.
5. Телишевский Д. А. Комплексное использование недревесной продукции леса. – М.: Лесная промышленность, 1976. – 225 с.
6. Козьяков С. Н. Методика определения проективного покрытия дикорастущих ягодников // Растительные ресурсы. – Л.: Наука, 1972. – Т. 8. – Вып. 4. – С. 607–611.
7. Козьяков С. Н., Методика инвентаризации пищевых и лекарственных растений при лесоустройстве // Гослесхоз СССР, ВО «Леспрект», 1978. – 52 с.
8. Козьяков С. Н., Козьяков А. С., Коновальчук В. К. Определение запасов сырья полезных растений методом фотоплощадок // Растительные ресурсы. – Л.: Наука, 1984. – С. 569–572.
9. Карпенчук Г. К., Мельник А. В. Учеты, наблюдение, анализы, обработка информации в опытах с плодовыми и ягодными растениями. – Умань, 1987. – 60 с.

PHYTOCENOTIC CHARACTERISTICS AND RESOURCES OF CRANBERRY IN THE POLESSIE REGION OF UKRAINE

V. K. Konovalchuk

In Ukraine the large majority of peat bogs with a component of cranberry are found in the Polessie region. In natural peat bogs grow two species of cranberry: Oxycoccus palustris Pers. (sin. Oxycoccus quadripetalus Gilib.) and Oxycoccus microcarpus Turcz. Ex Rupr. which form distinct vegetation communities. The latter species is rarely encountered in swamps and is included in the Red Book of Ukraine. Oxycoccus microcarpus has smaller fruit and more slender vines and is encountered rarely in natural swamps and has no commercial value. In this work results are given for research on the phytocenotic characteristics and resources of Oxycoccus palustris Pers. in the conditions of Ukrainian Polessie.

О НЕКОТОРЫХ ОСНОВАНИЯХ ОТРАСЛЕВОГО УПРАВЛЕНИЯ ТОРФЯНЫМИ БОЛОТАМИ

А. А. Корнев

ФГОУ ВПО Уральская государственная сельскохозяйственная академия, г. Екатеринбург,
Alex_Kornev@bk.ru

Рассмотрены правовые основания государственного управления использованием торфяных болот. Проанализированы некоторые недостатки основ управления. Предложены рекомендации по их устранению.

По состоянию на 01 января 2009 года весь земельный фонд Российской Федерации составлял 1709,8 млн. га, в котором болота занимают 151,5 млн. га, или 8 процентов всего земельного фонда [1]. Мировые запасы торфа оцениваются в объеме около 500 млрд. т, из них свыше 186 млрд. т в России. Только в Западной Сибири запасы торфа превышают 100 млрд. т [2]. В уральском экономическом районе содержится 5 процентов всех торфяных ресурсов страны, т. е. около 9,3 млрд. т.

Торфяные болота имеют неопределимое биосферное значение, однако потребности общества в настоящее время вынуждают использовать их в хозяйственных целях. Торф является перспективным сырьем для многих отраслей экономики, в том числе и сельскохозяйственной, где он может комплексно использоваться и как топливо, и как подстилка для животных, и как ценное удобрение [3, 4], и для других целей.

Управление торфяными болотами обязано учитывать факты природной уникальности торфяных болот, содержащих признаки водного объекта, недр, а нередко и леса. Это необходимо как для наиболее рационального извлечения полезных свойств этих объектов, так и для их охраны.

Право и управление решают эти вопросы неоднозначно и не всегда последовательно, без должного учета естественнонаучных, экономических и других знаний.

Науке управления известно два основных принципа: территориальный и отраслевой. Применительно к природопользованию в целом первое начало реализуется региональными и муниципальными органами власти, которые осуществляют или организуют использование ресурсов. Они несут ответственность за состояние окружающей среды на подведомственных территориях, выполнение государственных экологических программ и прочих природоохранных мероприятий, а также разрабатывают и утверждают местные программы охраны природы, организуют их материально-техническое и финансовое обеспечение.

Второе начало управления природопользованием состоит в использовании ресурсов государственными органами специальной компетенции (отраслевыми министерствами и ведомствами), а также осуществляют контроль над состоянием природных ресурсов и принятием мер по их охране и рациональному использованию.

Основными государственными органами управления природопользованием в нашей стране является Министерство природных ресурсов и экологии Российской Федерации, в ведении которого находятся Федеральное агентство водных ресурсов и Федеральное агентство по недропользованию, а также Министерство сельского хозяйства Российской Федерации, которому переданы вопросы по выработке и реализации государственной политики и нормативно-правовому регулированию в сфере земельных отношений в части, касающейся земель сельскохозяйственного назначения земель, а также подчинено Федеральное агентство лесного хозяйства [5].

Анализ структуры федеральных органов исполнительной власти в России позволяет сделать вывод, что в нашей стране для отношений природопользования установлен отраслевой принцип. Сочетание этого начала деятельности с фактом уникальности торфяных болот усложняет задачу урегулирования данной сферы.

Одним из направлений отраслевого управления является использование этих ресурсов в качестве полезного ископаемого. В этом качестве торф может применяться разнообразными способами во многих отраслях экономики.

Закрепление такого статуса обеспечивает общее определение торфа, которое содержит ГОСТ 21123-85 [6], суть которого в том, что он относится исключительно к полезным ископаемым. На основании такого взгляда Законом РФ «О недрах» [7] установлена принадлежность этого ресурсного объекта к категории недр.

Соответственно, в этом случае **управление этой деятельностью осуществляют органы, уполномоченные в сфере недропользования** [8].

Однако земельное законодательство предусматривает возможность использования торфа не только в качестве полезного ископаемого.

Естественными науками у торфа обнаружены признаки, позволяющие отнести его к категории «почв» [9]. Некоторые из них могут быть представлены как почвы торфяные окультуренные, торфянисто-глеевые, торфянисто-подзолисто-глеевые, торфяники, торфяные и торфянистые почвы, торфяные низинные и переходные почвы, торфянисто-болотные и торфяно-болотные и др.

Закрепление такой позиции допускает возможность ведения на торфяных болотах деятельности, связанной с извлечением полезных свойств только из одного его компонента, например, в случае почвы использование их в качестве сельскохозяйственных угодий (пашни). Ученые-агрономы Уральской государственной сельскохозяйственной академии получают на торфяных почвах очень хорошие урожаи моркови. В настоящее время ведутся дальнейшие работы в данном направлении. При таком использовании **управление торфяными почвами должно осуществляться сельскохозяйственным ведомством** [10].

В соответствии со ст. 5 Водного кодекса РФ [11] болота и озера относятся к поверхностным водным объектам и, следовательно, их правовые вопросы регулируются водным законодательством.

Установлено, что на правовом режиме болот, озер, других водных объектов не должно отражаться количество и качество воды, имеющейся в каком-либо водном объекте в данный период времени независимо от причин, обусловивших то или иное состояние водности [12]. Считается, что, несмотря на полное отсутствие воды в водном объекте (в качестве примера приводится пересыхающая река), последний все же продолжает оставаться в водном фонде. Связано это с тем, что водный фонд – не масса воды, измеряемая в мерах объема, а совокупность качественно различных водных объектов.

Таким образом, даже осушенные и пересохшие болота продолжают оставаться водными объектами и, соответственно, имеют правовой режим водных, а не иных, объектов. Парадокс в данном случае в том, что по состоянию на 01 января 2009 года в структуре земель водного фонда болота отсутствуют [1], они распределены главным образом среди лесных (109,9 млн. га) и сельскохозяйственных земель (25,5 млн. га) из общих 151,5 млн. га.

С вышеизложенной точки зрения управление торфяными болотами должно осуществлять водное ведомство [13].

Основанием для применения к торфяным болотам лесного законодательства служит ст. 101 Земельного кодекса РФ [14], которая к землям лесного фонда относит лесные земли (покрытые лесной растительностью и не покрытые ею, но предназначенные для ее восстановления, – вырубки, гари, редины, прогалины и другие) и нелесные земли (предназначенные для ведения лесного хозяйства – просеки, дороги, болота и другие).

В этом случае логично распространение юрисдикции лесного ведомства в отношении таких территорий [15].

В связи с вышеизложенным возникают вопросы: а) какие же управленческие структуры полномочны в данной сфере и б) каковы пределы их полномочий.

Эта проблема тем более остра, что применение каждого вида законодательства сопряжено с определенными проблемами, которые делают его небезупречным. Анализ конкретных трудностей не является предметом настоящей работы, но некоторые из них могут быть упомянуты. По определению к недрам относятся слои, находящиеся ниже почвенного слоя земли и дна водоемов, включая выходы полезных ископаемых на поверхность, однако торф является одним из компонентов почв. На этом же основании он не может быть отнесен к водному фонду. В тоже время водный режим торфяных болот не позволяет считать их землями. Собственно лесное законодательство даже не упоминает болота как составную часть земель лесного фонда.

Таким образом, недостатки отраслевого основания управления очевидны. В конечном счете, все это сказывается на качестве организационно-распорядительной деятельности. Вследствие вышеизложенного выяснение вопроса о компетенции является не самоцелью, а объективно обусловленной необходимостью природопользования.

В настоящее время потребность полного и всестороннего урегулирования отношений по использованию болот возрастает вследствие ограниченного количества природных ресурсов и их истощения.

Можно сделать вывод о том, что управление данным ресурсным объектом может быть осуществлено каждым из природоресурсных ведомств, поскольку организационные предпосылки для этого имеются. Однако оно должно быть комплексным и с учетом экологического законодательства. Но в качестве предложения возможен и вариант создания специализированной службы, основанной на формировании подотрасли природоресурсного права – торфяного права, подобно тому как это сделано в Швеции.

Следует отметить, что отдельные советские теоретики допускали возможность появления этого института природопользования еще в середине XX века, хотя и относились к этому неодобрительно, полагая, что подобные вопросы должны быть урегулированы земельным правом, понимаемом в «широком» смысле [16]. Сегодня некоторые исследователи резко критикуют данный подход на том основании, что он утратил научность, и основаниями чистоты права прикрывается стремление сохранить свою монополию, которая может быть достигнута только отсечением межотраслевых и междисциплинарных компонентов в земельно-правовой науке [17]. В результате появилось требование создания нового теоретического подхода не только к понятию земельного права, но и к формированию его новых институтов [18]. В настоящее время, полагаем, назрела необходимость для его выделения и законодательного закрепления. Такой вывод сделан на осознании сложности комплексного регулирования использования и охраны торфа в условиях отсутствия правил согласования общей позиции различных министерств и агентств.

Нам представляется возможным дальнейшее развитие системы природопользования права путем детализации и специализации правового регулирования. Полагаем, что такое дробление отрасли не только не нанесет вреда отношениям, но и будет весьма полезным. Целесообразность предложения состоит в том, что в настоящее время традиционные, сложившиеся институты не всегда справляются с поставленными перед ними задачами в условиях непрерывно усложняющихся и умножающихся отношений. Предлагаемое нами решение основано на новом осмыслении проблематики комплексного природопользования и, следовательно, формировании новой структуры отношений в данной сфере.

Полагаем, что такое решение содержит наименьшее количество системных противоречий и ошибок, что должно благотворно сказаться на данном виде природопользования.

Литература

1. О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2008 году [Текст]: Государственный доклад. – М.: 2007. – С. 19, 41–56.
2. Энциклопедический материал [Электронный интернет-ресурс]. – <http://dic.academic.ru/dic.nsf/enc1p/48042>.
3. ГОСТ Р 51661.2-2000. Торф для подстилки. Технические условия [Текст]. – взамен РСТ РСФСР 734-85; дата введения 2001-07-01. – М., Изд-во стандартов, 2003. – 3 с.
4. ГОСТ Р 51661.3-2000. Торф для улучшения почвы. Технические условия [Текст]. – введен впервые; дата введения 2001-07-01. – М.: Изд-во стандартов, 2003. – 3 с.
5. Вопросы системы и структуры федеральных органов исполнительной власти [Текст]: [принято Указом Президента РФ от 12 мая 2008 г. N 724]: по состоянию на 3 фев. 2010 г. [Электронный ресурс]. – Гарант. Платформа F1.
6. ГОСТ 21123-85. Торф. Термины и определения [Текст]. – взамен ГОСТ 21123-75; дата введения 01.07.1986. – М., 2003. – С. 4.
7. Закон Российской Федерации «О недрах» № 2395-1 [Текст] : [принят Верховным советом Российской Федерации от 21 февраля 1992 года]: по состоянию на 3 фев. 2010 г. [Электронный ресурс]. – Гарант. Платформа F1. – преамбула.
8. Положение о Федеральном агентстве по недропользованию [Текст]: [утв. постановлением Правительства РФ от 17 июня 2004 г. N 293]: по состоянию на 3 фев. 2010 г. [Электронный ресурс]. – Гарант. Платформа F1.
9. Классификация и диагностика почв СССР [Текст]/ Егоров В. В. [и др.]; – М., 1977. – С.31–35, 161–175.
10. Положение о Министерстве сельского хозяйства Российской Федерации [Текст]: [утв. постановлением Правительства РФ от 12 июня 2008 г. № 450]: по состоянию на 3 фев. 2010 г. [Электронный ресурс]. – Гарант. Платформа F1.
11. Водный кодекс Российской Федерации [Текст]: [принят 3 июня 2006 г.]: по состоянию на 3 фев. 2010 г. [Электронный ресурс]. – Гарант. Платформа F1.
12. Колбасов, О. С. Новое в водном законодательстве: монография [Текст]– М., 1972. – 18 с.
13. Положение о Федеральном агентстве водных ресурсов [Текст]: [утв. постановлением Правительства РФ от 16 июня 2004 г. N 282]: по состоянию на 3 фев. 2010 г. [Электронный ресурс]. – Гарант. Платформа F1.
14. Земельный кодекс Российской Федерации [Текст]: [принят 25 октября 2001 г.]: по состоянию на 3 фев. 2010 г. [Электронный ресурс]. – Гарант. Платформа F1.
15. Положение о Федеральном агентстве лесного хозяйства [Текст]: [утв. постановлением Правительства РФ от 16 июня 2004 г. N 283]: по состоянию на 3 фев. 2010 г. [Электронный ресурс]. – Гарант. Платформа F1.
16. Дембо, Л. И. Правовой режим лесов в свете сталинского плана преобразования природы: монография [Текст] / Л. И. Дэмбо. – Л.: Изд-во Лен. ун-та им. А. А. Жданова, 1951. – 12 с.
17. Синергетика и земельные отношения в земельном праве и агрономии [Текст]: Ибрагимов К. Х. // Аграрное и земельное право. – 2007. – № 11 (35). – С. 94.
18. Иконицкая, А. И. Земельное право Российской Федерации: Теория и тенденции развития: монография [Текст] / А. И. Иконицкая. – М.: Норма, 2000. – 12 с.

ABOUT CERTAINS BASES BRANCH-WISE GOVERNANCE BY PEAT BOGS

A. A. Kornev

Author considered law base governance usage of peat bogs. Analysed certains defects base of administration. Proposed recommendation abatement this defects.

МОДЕЛЬ ДЛЯ ОЦЕНКИ ЭМИССИЙ ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ НА ТОРФЯНИКАХ

**Н. В. Лещинская*, Т. Д. Ярмошук*, А. Тиле*, М. Минке*, В. А. Рыжиков*,
J. Couwenberg**, F. Tanneberger***, H. Joosten**, J. Augustin *******

ГА «Ахова птушак Бацькаўшчыны» APB-BirdLife Belarus, Минск, Беларусь, lesh4@inbox.ru, ddfolt@rambler.ru

**Ernst-Moritz-Arndt University, Greifswald, Germany

***Michael Succow Foundation, Greifswald, Germany

****Leibniz-Centre for Agricultural Landscape Research, Müncheberg, Germany

На основании существующей модели «Полевое руководство для оценки эмиссий парниковых газов с торфяников Центральной Европы» проверяется возможность ее адаптации и усовершенствования для территории Беларуси.

В Беларуси осушены более половины (1 505 000 га) общей территории торфяников (2 939 000 га), что составляет примерно 15 % общей территории страны [1]. Болота играют значительную роль в формировании потоков (эмиссии и стока) парниковых газов. Общая ежегодная эмиссия CO₂ в атмосферу с осушенных торфяных болот составляет более 14 662,8 тыс. т [2].

Однако с этой точки зрения болота недостаточно изучены и требуют к себе пристального внимания специалистов самых различных областей знания. В связи с этим был создан белорусско-немецко-британский Проект «Восстановление торфяников Беларуси и применение концепции их устойчивого управления – снижение воздействия на климат с эффектом для экономики и биоразнообразия» [3], осуществляющий деятельность при финансовой поддержке Федерального министерства охраны природы ФРГ, Германского банка развития (KfW), «Центра международной миграции и развития» (CIM, Германия). Научная и практическая работа проекта осуществляется в ходе международного сотрудничества организаций, таких как «Британское королевское общество по охране птиц» (RSPB, Англия), «Фонд имени Михаеля Зуккова» (Германия), ГА «Ахова птушак Бацькаўшчыны», при поддержке Программы развития Организации Объединенных Наций в Беларуси (UNDP) и Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь.

Целью работы является исследование снижения эмиссии парниковых газов и сохранение биоразнообразия за счет восстановления крупных территорий осушенных болот и продажи свободных квот на выбросы на добровольном рынке другим странам.

Мониторинг эмиссий с использованием прямых методов, например, измерений при помощи башен Эдди [4, 5], невозможен в рамках данного проекта, поскольку подобная измерительная техника дорогая и сложная, а учитывая наличие множества торфяников, выбранных для восстановления в Беларуси, такую систему мониторинга финансировать было бы просто невозможно. Поэтому было принято решение руководствоваться моделью, разработанной учеными из Германии [6], которая позволяет довольно быстро и без значительных финансовых затрат определять эмиссии парниковых газов. Несмотря на огромное количество публикаций по парниковым газам, лишь некоторые из них подходили для создания модели, так как не все авторы приводили данные по годовому балансу (130 показаний по эмиссии метана, 84 – по закиси азота, 53 – по эмиссии углекислого газа). После изучения влияния на выбросы парниковых газов таких факторов как pH торфа, соотношение C/N, вида использования торфяников и других, ученые пришли к выводу, что годовые эмиссии парниковых газов находятся в тесной зависимости от среднегодового уровня болотных вод.

В своих исследованиях мы придерживаемся концепции растительных форм [7] – это такой подход для классификации, который объединяет флористические параметры и параметры окружающей среды. Подход основан на том, что при определенных условиях некоторые виды растений произрастают вместе, тогда как другие исключают друг друга, то есть растительные сообщества являются индикатором существенных для растений параметров, таких как уровень грунтовых вод, трофность и pH. Подобная комбинация специфических видовых групп (или их отсутствие!) обеспечивает более четкую индикацию параметров месторождения, чем отдельные виды растений (например, хорошо известные шкалы индикаторов Элленберга) [8, 9]. Последнее хорошо описывает использование группы видов растений в качестве индикатора уровня воды, а, следовательно, и эмиссий парниковых газов.

Нами используется разработанная система GESTs – типов местности с определенной эмиссией парниковых газов. Для них выделены типичные виды растений, класс уровня воды, эмиссии метана, углекислого газа и потенциал глобального потепления. Первым шагом в адаптации описанных для Центральной Европы GESTs является изучение растительности болот Беларуси. Так как болота интразональны, больших различий не должно наблюдаться, однако в этом следует убедиться. Поэтому описываемый участок соотносится с GEST северо-востока Германии лишь при полном совпадении флористического состава и уровня воды, который визуально соответствует нужному классу.

Ниже приведена таблица с классами уровня воды и их характеристиками (табл. 1). На основании подробных описаний растительности месторождений, измерений уровня воды в течение года, определении pH торфа, его мощности и типа, а также соотношения C/N как показателя наличия питательных веществ модель в ходе исследований совершенствуется и дополняется новыми GESTs, выделенными для болот Беларуси.

Таблица 1

Классы уровня воды и средняя величина его колебания в течение года

Уровень воды/обеспечение	Классы		Характеристики
Обеспечение водой:	7+	Выше сублиторали	УВ: +250 до +140 см
	6+	Ниже эулиторали	УВ: +140 до +20 см
«+» болота и водные экосистемы «-» неводные наземные экосистемы	5+	Выше эулиторали	УВ: +20 до 0 см
	4+	Очень влажно	УВ: 0 до -20 см
	3+	Влажно	УВ: -20 до -45 см
	2+	Умеренно влажно	УВ: -45 до -80 см
	2-	Умеренно сухо	ВД: < 60 л/м ²
	3-	Сухо	ВД: 60 – 100 л/м ²
	4-	Очень сухо	ВД: 100 – 140 л/м ²
	5-	Чрезвычайно сухо	ВД: > 140 л/м ²

Примечание: УВ – уровень воды, ВД – дефицит водных ресурсов.

Для проверки и разработки новых GESTs проводились измерения уровня воды на территориях, где отсутствовали растения, либо они не могли использоваться в качестве индикаторов (в первые годы после повторного заболачивания из-за медленной реакции растительности на изменения условий месторождения).

Для измерения уровня грунтовых вод применялся автоматический датчик на самой высокой точке всей территории (в случае гидрологически независимых субтерриторий – на каждой из них) [10], а также приборы для измерения максимального и минимального уровня грунтовых вод [11].

Для проверки существующей модели и точности определения эмиссии парниковых газов выделенными GESTs применялся достаточно недорогой метод измерения парнико-

вых газов с использованием прозрачных и непрозрачных камер [12]. Метод позволяет устанавливать камеру на точно выбранном участке экологической системы и таким образом определять нормы обмена парниковых газов на исследуемых типах местности.

Камера, которая ставится на выбранный участок, препятствует обмену воздухом между данным участком и атмосферой. Нормы обмена парниковыми газами высчитываются с учетом изменения в камере концентрации газов в течение времени. Количественной величиной оценки баланса диоксида углерода на торфянике является годовое количество поглощения CO_2 через фотосинтез за минусом годового количества высвобождающегося CO_2 посредством дыхания болотной экосистемы. Фотосинтез связан с интенсивностью солнечной радиации, а дыхание экосистемы связано с температурой воздуха и почвы. Для моделирования баланса углекислого газа за год необходимо измерять поток CO_2 при разной интенсивности солнечной радиации и при разных температурах в течение дня прозрачными и непрозрачными камерами для вычисления взаимосвязей между фотосинтезом и солнечной радиацией, между температурой и дыханием экосистемы. Так как на эти взаимосвязи оказывает влияние развитие растительности, измерения должны проводиться каждые две-три недели.

Для определения N_2O и CH_4 использовалась непрозрачная камера с тем, чтобы исключить резкое увеличение температуры внутри камеры. По пробам определялось количество газов, выделяемое с течением времени в результате нитрификации, денитрификации и жизнедеятельности метаногенных микроорганизмов экосистемы. Анализ проб газов проводился на газовом хроматографе.



Рис. 1. Карта изучаемых участков и проектных территорий для вторичного заболачивания в Республике Беларусь. Цветом показаны территории, которые будут заболачиваться, без цвета – участки, на которых будут проводиться измерения парниковых газов

Для измерения обмена газов на крупных неоднородных территориях этот метод не очень применим, поэтому мы и адаптируем систему GESTs для условий Беларуси. Используя систему GESTs, можно будет достаточно быстро и просто по произрастающим

растительным сообществам определять эмиссии парниковых газов с торфяников. Для этого необходимо проверить, насколько соответствуют друг другу эмиссии парниковых газов по модели согласно выделенным типам растительности эмиссиям для конкретных участков в Беларуси.

Измерения обмена парниковых газов для проверки и калибровки модели проводились на осушенном торфянике, который расположен рядом со Споровским заказником, представляющем собой луг и кукурузное поле, и на ненарушенном верховом болоте в Березинском биосферном заповеднике (рис. 1).

Участками для дополнения существующей модели являются естественные осоковые сообщества на низинном болоте в Споровском заказнике и вторично заболоченное низинное болото Бартениха.

Таким образом, схема мониторинга парниковых газов в настоящем проекте направлена на детальное картирование типов растительности-индикаторов, которые показывают колебания уровня воды в течение года. После проверки и дополнения существующей модели определения парниковых газов, основанной на литературных данных, можно будет определять эмиссию парниковых газов, исходя из произрастающих растительных сообществ достаточно быстро, просто, дешево, надежно.

Литература

1. Тановицкая Н. И., Бамбалов Н. Н. Современное состояние и использование болот и торфяных месторождений Беларуси // Природопользование. – 2009. – Вып. 16. – С. 82–88.
2. Бамбалов Н. Н., Ракович В. А. Количественная оценка вклада естественных и осушенных болот в формирование источников и стоков парниковых газов // Эколого-экономические аспекты гидролесомелиорации: сб. науч. тр. – Гомель, 2003. – П. 58. – С. 91–96.
3. Thiele, A., Tanneberger, F., Minke, M., Couwenberg, J., Wichtmann, W., Karpowicz, Z., Fenchuk, V., Kozulin, A. & H. Joosten, 2009. Belarus boosts peatland restoration in Central Europe. *Peatlands International* 2009/1: 32–34.
4. Baldocchi, D.D., B. B. Hicks & T. P. Meyers, 1988. Measuring biosphere-atmosphere exchanges of biologically related gases with micrometeorological methods. *Ecology* 69(5): 1331–1340.
5. Lenschow, D.H., 1995. Micrometeorological techniques for measuring biosphere-atmosphere trace gas exchange. In Matson, P. & R. Harris (eds) *Biogenic trace gases: Measuring emissions from soil and water*. Blackwell, Oxford: 126–163.
6. Couwenberg, J., Augustin, J., Michaelis, D. & Joosten, H. 2008. Emission reductions from rewetting of peatlands. Towards a field guide for the assessment of greenhouse gas emissions from Central European peatlands. Duene Greifswald / RSPB Sandy. 28 pp.
7. Koska, I., M. Succow, U. Clausnitzer, T. Timmermann & S. Roth, 2001. Vegetationskundliche Kennzeichnung von Mooren (topische Betrachtung). In Succow, M. & H. Joosten (eds) *Landschaftsökologische Moorkunde*. Schweizerbart, Stuttgart: 112–184.
8. Ellenberg, H., H. E. Weber, E. Düll, V. Wirth & W. Werner, 1992. Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa. *Scripta Geobotanica* 18:1–258.
9. Ewald, J., 2003. The sensitivity of Ellenberg indicator values to the completeness of vegetation relevés. // *Basic and Applied Ecology* 4: 507–513.
10. P2.20-2 Water level measurements: Divers – URL: <http://www.eijkelkamp.com/> (дата обращения: 02.03.2009).
11. Bragg, O. M., Hulme, P. D., Ingram, H. A. P., Johnston, J. P. & Wilson, A.I.A. 1994. A maximum-minimum recorder for shallow water tables, developed for ecohydrological studies on mires. // *Journal of Applied Ecology*, 31:589–592
12. Drzslar, M. 2005. Trace gas exchange and climatic relevance of bog ecosystems. – Southern Germany, Ph.D. thesis, Technical University of Munich, Germany. – 179 pp.

MODEL FOR GREENHOUSE GAS EMISSIONS ASSESSMENT FROM PEATLANDS

**N. V. Liashchynskaya, T. D. Yarmashuk, A. Thiele, M. Minke, V.A. Ryzhikov,
J. Couwenberg, F. Tanneberger, H. Joosten, J. Augustin**

On the basis of an existing draft model 'Towards a field guide for the assessment of greenhouse gas emissions from Central European peatlands' the possibility of its adaptation and improvement is checking for territory of Belarus.

СТРУКТУРА ПРИРОДНЫХ КОМПЛЕКСОВ ЮГО-ЗАПАДА ПОЛИСТОВО-ЛОВАТСКОГО БОЛОТНОГО МАССИВА И ИХ АНТРОПОГЕННОЕ ПРЕОБРАЗОВАНИЕ¹

М. И. Мартынова

Южный федеральный университет, г. Ростов-на-Дону, maymars@mail.ru

Рассматриваются особенности структуры ПК Полистово-Ловатского болотного массива – самого крупного массива верховых болот в Европе, а также основные виды антропогенного воздействия на уникальную территорию.

Территория Полистовского государственного заповедника, образованного в 1994 г., входит в состав обширной Полистово-Ловатской болотной системы. Основу ландшафтов заповедника составляют верховые болота, на окраинах территории обычны переходные болота и леса, значительная часть которых также заболочена (рис. 1).

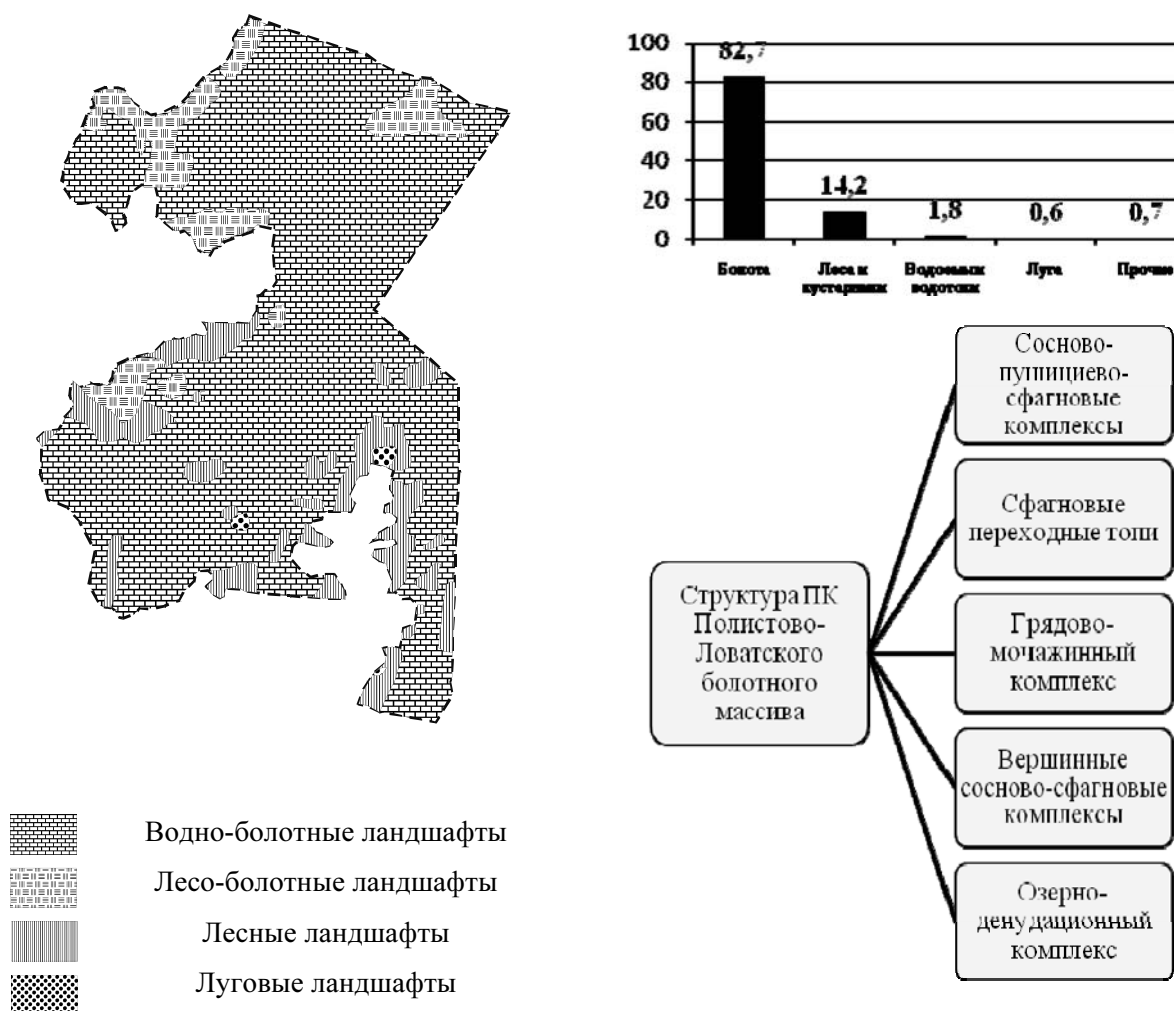


Рис. 1. Основные типы ландшафтов Полистовского заповедника, структура ПК Полистово-Ловатского болотного массива и распределение категорий земель заповедника, % от площади

В западной и южной, наиболее изученных и ранее антропогенно преобразованных частях заповедника широко распространены олиготрофные участки, занятые грядово-

¹ Работа выполнена при поддержке Научного гранта Президента РФ «Ведущие научные школы России» (НШ-4983.2008.5), в рамках НОЦ ЮФУ «Глобальных и региональных географо-экологических исследований и инновационных технологий» (Г/к № 02.740.11.0334)

мочажинными и грядово-озерковыми комплексами. На гипсометрических вершинах болот распространены преимущественно сосново-кустарничково-пушицево-сфагновые сообщества, здесь облесенные участки чередуются с открытыми или участками погибшего (в том числе и от пожаров, особенно разрушительными были пожары 2002 г.) сухостоя. Это типичная верховая болотная система, по периферии, которой распространены мезотрофные сообщества. Здесь принято выделять 5 основных типов ПК заповедника [1]: сосново-пушицево-сфагновые болота, сфагновые переходные топи, грядово-мочажинный комплекс, вершинные сосново-сфагновые комплексы, озерно-денудационный комплекс.

В основании болотного массива, образовавшегося после отступления Валдайского ледника, находится донная морена, образованная валунным суглинком, местами оглеенным. Климат территории умеренно-континентальный с микроклиматическими болотными особенностями, реки имеют невысокие берега и извилистые русла, наиболее крупная из них – Полисть, менее протяженные – Хлавица, Плавница, Страдница, Осьянка, Порусья, значимая часть речек – погребенные и подмоховые. Здесь расположено 5 озер глубиной до 1,5–2,0 м, также много озерков. Озеро Полисто – наиболее крупное озеро болотной системы получило летом 2009 г. статус памятника природы, в состав которого вошли как само озеро, так и р. Цевла с прилегающими к ним территориями. Наиболее распространены здесь болотно-подзолистые, торфяно-глеевые, торфяные болотные почвы (значительной мощности) и дерново-подзолистые. Полистово-Ловатский болотный массив относится к Ладожско-Ильменско-Западнодвинской провинции широколиственно-хвойных лесов и выпуклых грядово-мочажинных болот.

Ландшафты Полистовского заповедника удивительны и уникальны своим переходным характером, весьма слабым антропогенным преобразованием, а также завершенностью многих сукцессионных рядов. Всего на территории заповедника зарегистрировано 594 вида и гибрида сосудистых растений [2]. На территории современного Полистовского государственного заповедника регулярно проводятся комплексные ландшафтные, геоботанические исследования, заповедник является базой производственной практики многих ВУЗов, имея обширные научные связи по всей стране, одним из них является Южный федеральный университет. В 2008–2009 гг. во время практики студентов-географов и геоэкологов Южного федерального университета в заповеднике проводились полевые ландшафтные исследования в его западной и южной частях, наиболее доступных для человека, и, соответственно, в большей степени антропогенно преобразованных. Сотрудниками и студентами кафедры физической географии, экологии и охраны природы ЮФУ были заложены профили (до 3 км) через разные типы ПК, преимущественно болотных и лесоболотных (табл. 1), с выделением наиболее типичных таксономических единиц. Рассчитывалась урожайность клюквы (как значимого ресурса и причины многих современных антропогенных нарушений) в пределах разных типов ПК.

Таблица 1

**Количество профилей, заложенное в пределах разных типов природных комплексов
Полистовского заповедника и его окрестностей**

Типы ПК	Годы	
	2008	2009
Лесные и луговые ландшафты	3	2
Лесо-болотные ландшафты	2	2
Водно-болотные ландшафты	3	6

Несмотря на заповедный режим, установленный на большей части болотного массива, антропогенное воздействие на территорию весьма значимо. Условно антропогенные воздействия можно разделить на две группы (рис. 2). Наиболее значимы в настоящее вре-

мя воздействие искусственных транспортных систем, мелиоративной сети и торфоразработок (преимущественно прошлых лет), лесные и торфяные пожары, а также нагрузки, связанные со сбором грибов, ягод, охотой и рыболовством. Регион характеризуется сильнейшей депопуляцией населения, начавшейся еще в 70-е годы XX в. и изначально связанной с оттоком жителей в гг. Санкт-Петербург (Ленинград), Псков, районные центры области. Уже в 2009 г. была закрыта последняя школа. Жилые населенные пункты сосредоточены в южной части массива – на территориях с более благоприятными природными условиями и лучшей транспортной доступностью,

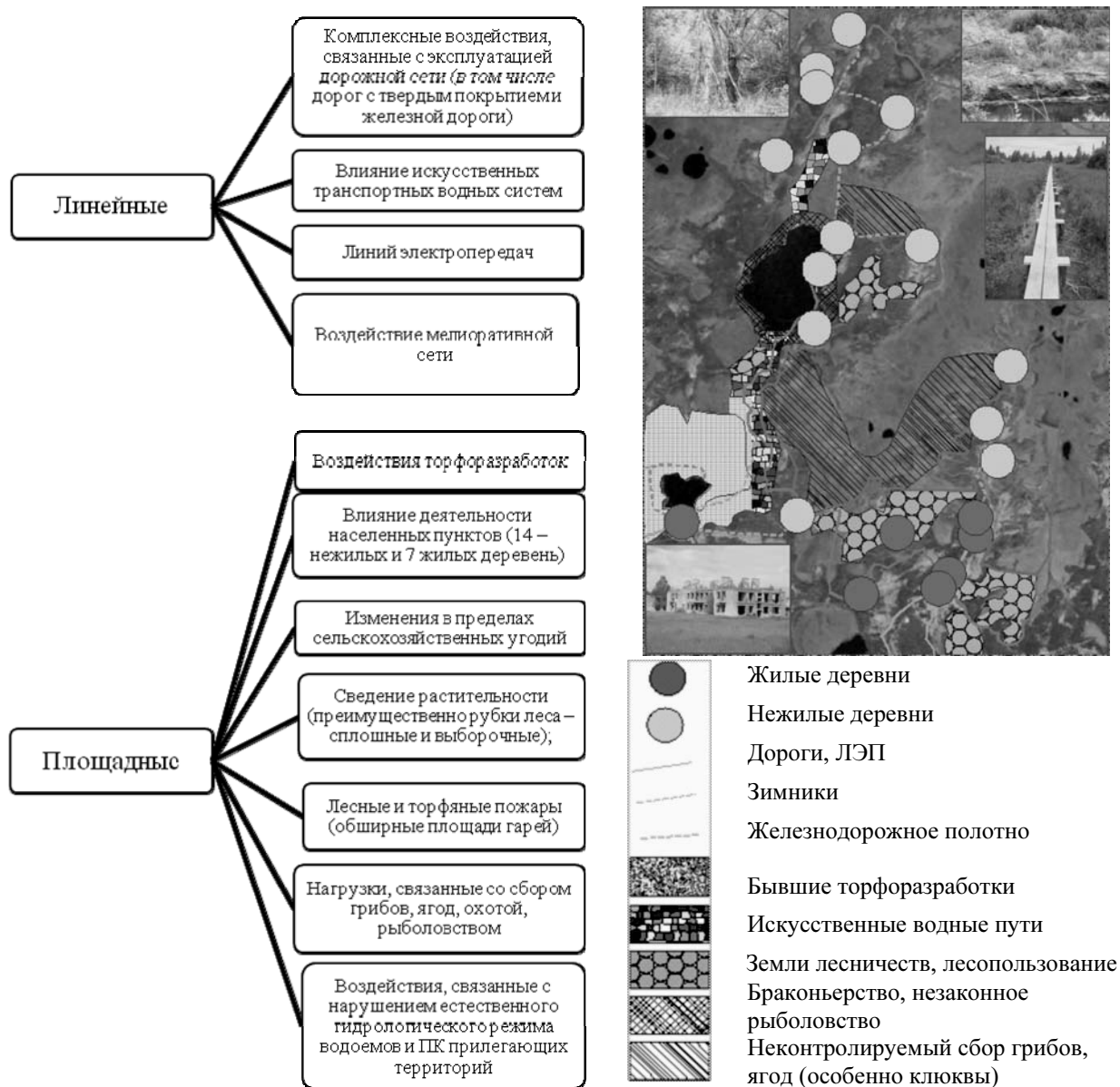


Рис. 2. Основные виды антропогенного воздействия на территорию юго-западной части Полистово-Ловатского болотного массива

Тем не менее, в прошлом по периферии болотного массива существовали крупные жилые деревни с хозяйственными постройками, дороги, торфоразработки, в местности Ручьи до конца 1980-х годов работал аэропорт, вывозивший продукцию молочного животноводства местных хозяйств «на материк». На южном берегу оз. Цевло в прошлом существовала дворянская усадьба, в начале XIX в. она принадлежала роду Криницыных, представитель которого П. К. Криницын (1728–1770 гг.) – мореплаватель, руководивший

в 1764–1769 годах российской экспедицией по исследованию Алеутских островов и северного побережья полуострова Аляска.

Наиболее значительные пожары, спровоцированные специфическими погодными условиями, произошли в 2002 г., когда в июле выпало всего 2 мм осадков. Развитию пожарной активности способствовали мелиорации прошлых лет, проводимые для облегчения промышленных торфопроизводств. Сеть мелиоративных каналов (в настоящее время они имеют глубину 160–180 см при средней ширине 80–100 см) значительно подорвала экологическое равновесие прилегающих к торфопроизводствам болотных комплексов. Произошла смена растительности, изменились свойства почв. При удалении от канав моховая растительность сильно деградирована: сфагнум утрачен, зеленый мох в значительной степени в усыхающем состоянии, выпадает клюква, пушица, местами обнажается торф, часто встречаются выгоревшие участки.

Лесные пожары обычно приводят к увеличению содержания в почве доступных растениям зольных элементов, территория становится, в большей степени, подверженной эрозионным процессам, меняется гидрологический режим, микроклимат – режим температуры, осадков, испарения, скорость ветра, преобразуется обмен теплом и влагой в припочвенном слое воздуха. Происходит вспышка массового размножения насекомых-ксилофагов, сопровождаемых специфичной орнитофауной.

Территории, которые не подвергались катастрофическим природным и антропогенным воздействиям, характеризуются значительной устойчивостью, например, пирогенно нетронутые леса минеральных островов (табл. 2) в достаточной степени стабильны. Большая их часть представлена относительно молодыми одновозрастными лесами (вследствие более ранних повсеместных вырубок), однако далее вследствие отдаленности и малой доступности развивались без участия человека. По восточным окраинам болотного массива более распространены широколиственные породы, по южным и западным – елово-широколиственные леса, по северу флора лесов минеральных островов ближе к таежной.

Таблица 2

Динамика видов растений лесного кольца минеральных островов

Показатели	Годы									
	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
Всего видов	15	13	16	14	16	16	16	16	16	16
– в т.ч. сосудистые	10	9	12	11	10	10	10	11	11	11
– мохообразные	5	4	4	5	4	6	6	5	5	5
Покров:										
– травяно-кустарничкового яруса	35	30	30	40	30	30	32	33	38	41
– мохового яруса	94	92	89	93	95	94	93	90	93	92

Леса и болота заповедника исключительно важны для регулирования водного режима рек прилегающей территории, поддержания биологического разнообразия. Будучи наименее нарушенными геосистемами они создают благоприятные условия для воспроизводства биологических ресурсов. В настоящее время антропогенное воздействие на территорию заповедника минимально вследствие малокомфортных для человека условий проживания и общей депопуляции населения. Сложность природных условий территории, в особенности в глубине болотного массива, заброшенность существующих дорог, отсутствие зимников, кордонов, а также постоянного населения с одной стороны затрудняет мониторинговые исследования, в том числе пожарные и патологические, с другой стороны сохраняет уникальность нетронутого Полистово-Ловатского болотного массива – крупнейшего массива верховых болот в Европе.

Литература

1. Богдановская-Гиенэф И. Д. Закономерности формирования сфагновых болот верхового типа (на примере Полистово-Ловатского массива). – Л., 1969. – 187 с.
2. Решетникова Н. М., Королькова Е. О., Новикова Т. А. Сосудистые растения заповедника «Полистовский». – М., 2006. – 100 с.

**NATURAL STRUCTURE AND ANTROPOGENIC CHANGES
OF SOUTH-WESTERN POLISTOVO-LOVATSKY RAISED BOG LANDSCAPES****M. Y. Martynova**

This investigation is devoted to structure of Polistovo-Lovatsky bog landscapes. This region is the largest Europe raised bog. Author describe some antropogenic changes of the territory.

НЕКОТОРЫЕ СВЕДЕНИЯ О СВОЙСТВАХ ТОРФОВ ТУЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ**К. С. Мельников, Е. М. Волкова, К. Б. Чилачава**

Тулльский педагогический университет им. Л. Н. Толстого, Тула, e-mail:convallaria@mail.ru

В статье представлены результаты изучения водных и некоторых физико-химических свойств различных видов и типов торфов Тульской области, показана их зависимость от ботанического состава и степени разложения.

Введение

Болота и заболоченные земли на территории Тульской области занимают 0,07 % территории [1]. Несмотря на низкую заболоченность в регионе представлены разные типы болотных экосистем.

Торфяные отложения болот имеют различную структуру и представлены сплошной, разорванной и сплавинной залежами [1, 2]. По составу растительных остатков большинство залежей относится к низинному типу. Обычно такие залежи имеют целостную структуру, глубину до 4–5 м и образованы черноольховым, березовым, травяным, тростниковым, осоковым, травяно-гипновым, гипновым или сфагновым низинными видами торфа. Залежи переходного типа встречаются достаточно редко и характерны для сплавинных болот, образованных в карстовых провалах. Толщина таких сплавин достигает 2,5–3 м. Для некоторых болот характерна разорванная залежь, образованная придонным слоем торфа и сплavinой, разделенных линзой воды. Торфяные отложения сплавин представлены травяным, осоковым, травяно-сфагновым и сфагновым переходными торфами. Залежи верхового типа в регионе отсутствуют, хотя соответствующие виды торфа входят в состав залежей переходного типа. Среди верховых видов торфа обнаружены пушицево-сфагновый и сфагновый. Таким образом, доминирующими являются низинные виды торфа, а верховые и переходные крайне редки для региона. Однако, несмотря на детальность имеющейся информации по строению и ботаническому составу торфяных залежей болот Тульской области, отсутствуют данные об их водных и физико-химических свойствах, что определяет актуальность проводимых исследований.

Целью данного исследования является изучение водных и физико-химических свойств торфов разного ботанического состава и степени разложения.

Объект и методика исследований

В качестве объектов были использованы образцы разных видов и типов торфа, отобранные с разных глубин на основных типах болот Тульской области. Характеристика болот и образцов торфа представлена в табл. 1.

В образцах торфа определяли влажность (W), объемный вес (N), влагоемкость (A), капиллярное поднятие, зольность (X) [3, 4, 5].

Обсуждение результатов

Как показали проведенные исследования, изученные торфа разного ботанического состава и степени разложения обладают разными свойствами (табл. 2).

Влажность. Наиболее высокой влажностью характеризуются торфа, в составе растительных остатков которых доминируют сфагновые мхи, обладающие максимальной водоудерживающей способностью. По этой причине сфагновые низинные и переходные торфа обладают сходными значениями (образцы 1, 3, 8). Близкие показатели свойственны травяно-сфагновому низинному торфу (обр. 5, 6). Важно отметить, что рассматриваемые образцы характеризуются низкой степенью разложения (5–15 %). При увеличении интенсивности разложения растительных остатков влажность торфов снижается. Примером

являются образцы травяно-сфагнового переходного и сфагнового верхового (медиум) торфов, у которых возрастание степени разложения до 40–45 % сопровождается снижением влажности до 9,2 и 4,9 % (обр. 11, 12, 13). Образцы древесного и гипнового торфов занимают промежуточное положение.

Таблица 1

Характеристика исследуемых болот и торфов

№	Название, расположение и характеристика болота	Глубина отбора образца, см	Вид торфа	Степень разложения (%)
1	Карстовое болото Главное у п. Озерный (Ленинский район), очеретниково-осоково-сфагновая сплавина. Глубина провала – более 10 м, толщина сплавина 2,5-3 м	0–10	Осоково-сфагновый переходный	10
2		10–15	Сфагновый переходный	10
3		15–20	Сфагновый переходный	10
4	Карстовое болото Любимое у п. Озерный (Ленинский район), березово-вахтово-сфагновое сообщество. Глубина провала – 8 м, толщина сплавина 2,5 м.	0–10	Травяно-сфагновый низинный	15
5		10–20	Травяно-сфагновый низинный	15–20
6		20–25	Травяно-сфагновый низинный	20
7	Карстовое болото Телиптерисовое у п. Озерный (Ленинский район), березово-телиптерисовое сообщество, глубина провала – 10 м, толщина сплавина 1,5 м.	0–10	Сфагновый низинный	< 5
8		10–20	Сфагновый низинный	10–15
9	Карстовое болото Глубокое (Щекинский район), папоротниково-травяное сообщество. Глубина торфа 8,8 м.	250–300	Древесный низинный	30
10		750–800	Гипновый низинный	30
11	Суффозионное грядово-мочажинное болото Клюква (Белевский район), сосново-пушицево-сфагновое сообщество на грядах, клюквенно-сфагновое сообщество в мочажинах. Глубина торфа 2,5 м.	0–20	Сфагновый верховой (медиум торф)	5–10
12		80–100	Сфагновый верховой (медиум торф)	40–45
13		170–200	Травяно-сфагновый переходный	35–40
14	Пойменное болото Подкосьмово (Богородицкий район), осоковое сообщество. Глубина торфа 1,2 м.	85–90	Осоковый низинный	65
15	Пойменное болото Большеберезовское (Богородицкий район), березово-тростниковое сообщество. Глубина торфа 2,3 м.	45–55	Тростниковый низинный	55
16		97–107	Тростниковый низинный	45

Таблица 2

Водные и физико-химические свойства исследуемых образцов торфа

№ образца	W (%)	K _w	N г/дм ³	A (%)	X (%)
1	10,8	0,90	116,8	528,5	–
2	7,1	0,92	–	898,5	–
3	12,8	0,88	–	204,6	–
4	4,5	0,95	123,8	131,9	–
5	10,4	0,91	–	139,7	–
6	11,3	0,89	–	136,5	–
7	7,2	0,93	115,4	–	16,3
8	20,6	0,82	–	–	–
9	11,4	0,89	–	115,7	6,2
10	13,5	0,88	–	79,3	26,1
11	9,2	0,91	–	371,4	–
12	4,9	0,95	–	448,0	8,3
13	9,2	0,91	–	330,2	2,2
14	3,9	0,96	530,3	93,4	12,0
15	17,5	0,85	169,4	97,6	16,3
16	16,1	0,86	174,5	94,3	14,3

Примечание. «–» – нет данных.

Полученные данные позволяют провести корреляцию между ботаническим составом (а именно – наличием остатков сфагновых мхов) и степенью разложения торфа (чем выше степень разложения, тем ниже влажность). Вывод подтверждается тем, что наиболее низкая влажность свойственна осоковому низинному торфу (обр. 14), характеризующему максимальной степенью разложения (60 %). Однако указанную тенденцию могут изменять особенности водно-минерального питания болота. Примером является Большеберезовское болото, которое подпитывается выклинивающимися грунтовыми водами, что объясняет высокие показатели влажности тростникового торфа высокой степени разложения (15, 16).

Несмотря на значительные отличия торфов по влажности, рассчитанный *коэффициент влажности* варьирует не столь сильно 0,88–0,95 %, что и отличает торфа от минеральных почв.

Определение веса единицы объема ненарушенного торфа (*объемный вес*) – важный показатель технических свойств. Для определения этого показателя в качестве объектов были использованы образцы осоково-сфагнового переходного (обр. 1), травяно-сфагнового (обр. 4), сфагнового (обр. 7), осокового (обр. 14) и тростникового (обр. 15, 16) низинных видов торфа. Результаты показали, что наиболее плотным и тяжелым является осоковый торф (530,3 г/дм³), что обусловлено высокой степенью разложения (60 %). Близкие показатели (169,4–174,5 г/дм³) отмечены для тростникового торфа (45–55 %). Торфа с высокой долей сфагнов (осоково-сфагновый, травяно-сфагновый, сфагновый), как переходные, так и низинные, характеризуются минимальными значениями (115,4–123,8 г/дм³): низкая степень разложения торфа и, соответственно, высокая сохранность остатков сфагновых мхов обуславливают пористость таких торфов и их меньший объемный вес. Следовательно, травяным торфам с высокой степенью разложения соответствуют максимальные значения объемного веса, а сфагновым (с низкой степенью разложения) – минимальные. Полученные данные свидетельствуют о зависимости объемного веса от состава растительных остатков и интенсивности их разложения.

От внутренней структуры торфа, которая обусловлена особенностями анатомического строения слагающих растительных остатков, зависит способность поглощать и удерживать воду – *влагоемкость*. Определение этого показателя позволяет констатировать обратную его зависимость от степени разложения торфа: чем более разложен торф, тем он менее влагоемок (табл. 2). Подтверждением тому являются образцы сфагнового верхового (обр. 11, 12), травяно-сфагнового (обр. 13), осоково-сфагнового (обр. 1) и сфагнового (обр. 2, 3) переходных торфов, характеризующихся наиболее высокими показателями влагоемкости (204,6–898,5 %). Минимальные показатели отмечены у хорошо разложенных осокового (обр. 14) и тростникового (обр. 15, 16), а также у гипнового (обр. 10) торфа – 79,3–97,6 %. Травяно-сфагновые (обр. 4, 5, 6) и древесные (обр. 9) низинные виды торфа занимают промежуточное положение (115,7–139,7 %).

Скорость и высота капиллярного поднятия воды в торфе зависят от его пористости, что также обусловлено ботаническим составом. Изучение высоты капиллярного поднятия воды в стеклянной трубке с торфом проведено на примере осокового (обр. 1 (глубина 25–30 см, R=45 %), обр. 8 (глубина 85–90 см, R=60 %)), древесного (обр. 2), гипнового (обр. 3), сфагнового (обр. 4), тростникового (обр. 6, 7) низинных и осоково-сфагнового переходного (обр. 5) торфов (рис. 1). Как показали результаты, наибольшей способностью к капиллярному поднятию обладают осоковый, гипновый и тростниковый торфа, наименьшей – сфагновый торф. По-видимому, это обусловлено микроструктурой торфа, а именно – его сложением и наличием/отсутствием пор с воздухом. Так, перечисленные виды травяного торфа обладают более плотным сложением частиц по сравнению со сфагновым торфом и содержат остатки растений, которые ускоряют перемещение воды

(«фитили»). Соответственно, причина низкой скорости капиллярного поднятия сфагнового торфа является его рыхлое сложение.

Одним из важных признаков и свойств торфов является *зольность*. Несгораемая минеральная часть торфа – зола – поступает из растений, а так же образуется за счет минеральных частиц, привносимых поверхностными водами, атмосферными осадками и в результате инфильтрации грунтовых вод в торфяные залежи. Этот показатель зависит от характера водно-минерального питания болота, особенностей биологического круговорота в исследуемом фитоценозе [5].

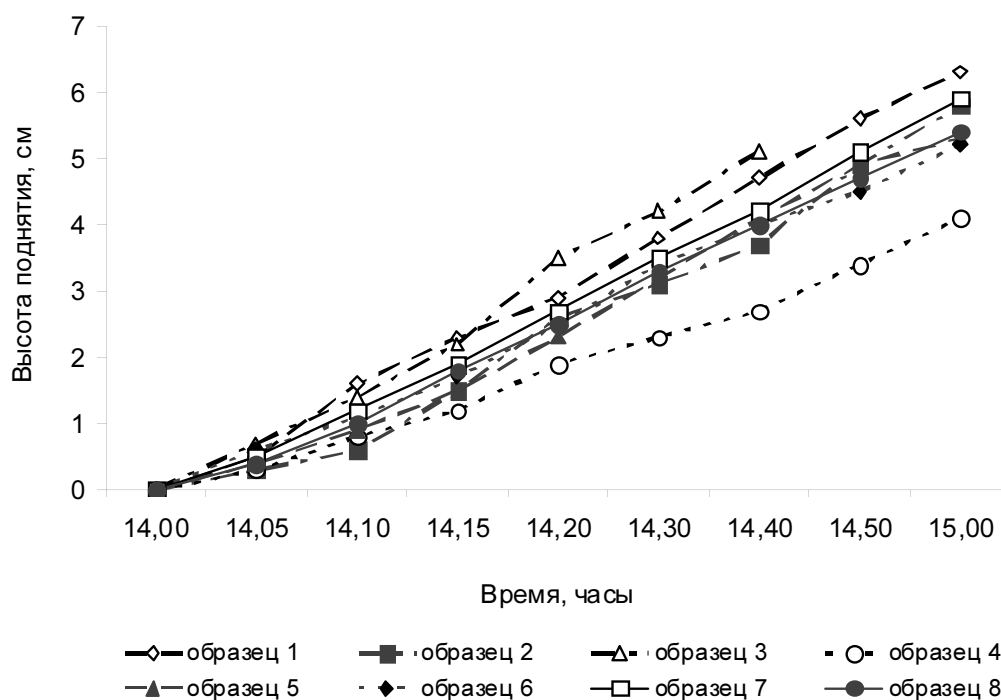


Рис. 1. Высота капиллярного поднятия воды в трубке с разными видами торфа (см/мин)

Как показали результаты исследования образцов (табл. 2), наиболее низкозольными являются верховые торфа (обр. 12, 13); напротив, высокие показатели зольности свойственны низинным торфам (обр. 8, 10). Полученные данные коррелируют с характером растительности и особенностями водно-минерального питания. Так, гипновые торфа, образованные сообществами зеленых мхов (*Calliergon* sp., др), формируются при подпитке болота богатыми по минеральному составу стекающими поверхностными водами, что является причиной образования высокозольных торфов (26,1 %). В условиях полного или частичного питания болота бедными водами (атмосферные осадки) происходит образование низкозольных торфов, примером которых являются травяно-сфагновый переходный и сфагновый верховой (2,2–8,3 %). Сфагновый, осоковый, тростниковый и древесный низинные торфа занимают промежуточное положение.

Выводы

Обобщение полученных данных позволяет сделать вывод, что водные и некоторые физико-химические свойства торфа зависят от ботанического состава и степени разложения. В условиях богатого водно-минерального питания болота формируются низинные торфа разной зольности (показатель увеличивается от гипновых к сфагновым видам). Снижение трофности питающих вод способствует образованию переходных и верховых торфов, являющихся низкозольными. В целом, низинные торфа характеризуются более низкой влагоемкостью (особенно травяные виды), но большим объемным весом и скоростью

капиллярного поднятия воды. Переходные и верховые торфа, напротив, способны удерживать больший объем воды, но имеют меньший объемный вес. Следует отметить, что выявленную закономерность нарушает наличие в торфах (как низинных, так и верховых) высокой доли сфагновых мхов. По этой причине сфагновые торфа различного генезиса обладают сходными свойствами.

Литература

1. Волкова Е. М., 2008. Особенности болотообразовательного процесса на северо-востоке Среднерусской возвышенности // Мат-лы XII съезда Русского ботанического общества и всероссийской конференции «Фундаментальные проблемы ботаники в начале XXI века» (22–27 сентября 2008г.). – Петрозаводск, 2008. – С. 49–51.
2. Волкова Е. М., Моисеева Е. В., 2007. О развитии сплавинных карстовых болот у пос. Озерный (Ленинский район, Тульская область) // Природа Тульской области: сб. науч. тр. – Тула, 2007. – Вып. 1. – С. 106–114.
3. Волкова Е. М. Методы изучения болотных экосистем: учебное пособие по организации и проведению исследовательской работы. – Тула: Гриф и К., 2006. – 94 с.
4. Добровольский В. В. Практикум по географии почв. – М., 2001. – 144 с.
5. Лиштван И. И., Король Н. Т. Основные свойства торфа и методы их определения. – Минск, 1975. – 320 с.

A DATA ABOUT FEATURES OF PEATS OF TULA REGION

K. S. Mel'nikov, E. M. Volkova, K. B. Chilachava

The article shows the results of investigations of water and physico-chemical features of different types and kinds of peats in Tula region. The correlation between them, microfossil analyses and degree of decomposition was done.

АНАЛИЗ МИКРОБНЫХ СООБЩЕСТВ ОСУШЕННЫХ ТОРФЯНЫХ ПОЧВ МЕТОДОМ FISH¹

Е. В. Менько, И. К. Кравченко

Учреждение Российской академии наук Институт микробиологии им. С. Н. Виноградского РАН, Москва
vtymrj@gmail.com

Прямой микроскопический метод, основанный на использовании олигонуклеотидных флуоресцентно меченых зондов, был применен для оценки количества метаболически активных бактерий и архей в торфяных почвах, осушенных для добычи торфа и использования в качестве сенокоса. Установлено, что в осушенных почвах наблюдается возрастание количества архей и уменьшение количества метанотрофных бактерий. Полученные результаты могут объяснить полученные ранее данные об увеличении потока метана из осушенных торфяных почв.

Введение

Болота и заболоченные местности широко распространены на территории России и занимают свыше 10 % ее территории, играя значительную роль в цикле углерода, постоянно обмениваясь с атмосферой потоками CO_2 и CH_4 . Болота, являются одним из главных источников биогенного метана в атмосфере, образование которого связано с деятельностью метаногенных архей [1]. Регуляция поступления метана в атмосферу осуществляется за счет активности метанотрофных бактерий [2].

В последние годы для детекции микроорганизмов цикла метана в болотных почвах широко применяется метод FISH (fluorescence in situ hybridization). В болотных экосистемах он успешно был применен как для детекции метанотрофов [2], так и метаногенов [3]. В отличие от молекулярных методов, основанных на ПЦР-технологии, FISH позволяет учитывать численность активно метаболизирующих клеток, которые непосредственно вносят вклад в осуществление процесса цикла метана.

Антропогенное воздействие на торфяные болота нарушает баланс процессов, определяющих поглощение и эмиссию метана. До настоящего времени дискуссионным является вопрос о том, с чем связано аномально высокое выделение метана из элементов дренажной сети и объектов сельскохозяйственного использования осушенных торфяников. Согласно высказанной нами гипотезе одной из причин является дисбаланс между микробиологическими процессами образования и окисления метана. Для проверки этого предположения было проведено исследование микробных сообществ в антропогенно нарушенных торфяниках Московской области (торфоразработки и осушенные торфяники под сенокосом, включая вариант дренажных канав), исходном болоте и в образцах вегетационных экспериментов методом FISH.

Материалы и методы исследования

Отбор и фиксация образцов торфяных почв

Образцы торфяной почвы были отобраны в июле 2009 года с глубины 10–15 см на осушенной части Дубненского болотного массива в Талдомском районе Московской области (56°42' с.ш. 37°50' в.д.) на объектах режимных полевых исследований потоков парниковых С-газов [4], а также вегетационных модельных опытов, моделирующих стадии создания сенокоса на осушенной торфяной почве (табл. 1). После отбора образцы транспортировали в лабораторию при +4 °С. Часть образцов фиксировали также с помощью коммерческого раствора RNA Later и хранили до анализа при комнатной температуре.

¹ Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ (№ 09-05-01113-а).

Описание образцов торфа, использованных в работе

Объекты полевых исследований		
1.	Торфоразработки, основная поверхность	T.2a
2.	Торфоразработки, дно канала	T.3
3.	Сенокос, основная поверхность	T.5
4.	Сенокос, дно канала	T.6
5.	Неосушенное болото (повышение)	T.7a
Вегетационные эксперименты		
6.	Нарушенное сложение (T.2a) без растений, переменная влажность	0.0
7.	Естественное сложение, луговая растительность (T5), переменная влажность	2.0

В лаборатории образцы были обработаны ультразвуком в течение 2 минут при 95 % мощности (УЗДН-А, Россия). После отстаивания суспензии (1:10) в течение 5 минут, отбирали 2 мл супернатанта и 4 % параформальдегидом в соответствии с методикой [5].

Флуоресцентная *in situ* гибридизация. Гибридизацию препаратов с флуоресцентно-мечеными олигонуклеотидными зондами проводили в соответствии с методикой [5] при температуре 46 °С. Для детекции представителей домена Bacteria использовали смесь универсальных зондов EUB 338mix [6]; представителей домена Archaea – зонд ARC 915 [5]. Для специфической детекции метанотрофов I типа использовали смеси зондов M-84 и M-705, а метанотрофов II типа – зонд M-450 [7]. Олигонуклеотидные зонды, меченные красителем Cy3, синтезированы фирмой Синтол, Россия. Общую численность бактерий определяли окрашиванием препаратов раствором ДНК-специфичного красителя ДАФИ. Численность целевых клеток оценивали подсчетом количества гибридизованных с зондами клеток на микроскопе AxioImager D1 (Karl Zeiss, Германия), с использованием светофильтров Zeiss 20 для Cy3-меченных зондов и Zeiss 49 для подсчета клеток, окрашенных ДАФИ, в 50 полях зрения микроскопа с последующим расчетом на 1 г образца.

Результаты и обсуждение

Результаты определения общего количества микроорганизмов (окраска ДАФИ), а также численности метаболически активных архей, эубактерий и метанотрофов приведены в табл. 2. Проведенные исследования показали, что общее количество бактерий в торфяных почвах исходного торфяника составляло 28×10^7 клеток $г^{-1}$. В торфоразработках общее количество бактерий незначительно, но достоверно снижалось и составило 25×10^7 клеток $г^{-1}$ в образцах основной поверхности и 27×10^7 клеток $г^{-1}$ в образцах дна канавы. В образцах сенокосного луга общее количество бактерий снижалось до 23×10^7 клеток $г^{-1}$. Анализ с помощью метода FISH показал, что численность метаболически активных архей значительно возрастала в образцах торфоразработок и сенокоса. Так если в почве исходного болота она составляла $1,5 \times 10^7$ клеток $г^{-1}$, то в почвах торфоразработок возрастала до $4,7 \times 10^7$ и $2,4 \times 10^7$ для основной поверхности и дна канавы, соответственно, а в почвах сенокоса – до $2,2 \times 10^7$ и $2,5 \times 10^7$ клеток.

Анализ с помощью зондов, специфичных для детекции метанотрофов I и II групп показал, что численность метанотрофов, относящихся к Alphaproteobacteria, на порядок превышала количество метанотрофов I группы, которое составляло во всех почвах от 0,2 до $0,7 \times 10^7$ клеток. Количество метанотрофов II группы от 2,3 до $4,7 \times 10^7$ клеток. Отмечено снижение численности метанотрофов II группы в образцах торфоразработок и сенокоса.

Количество микробных клеток в образцах торфяных почв, определенное прямыми микроскопическими методами

вариант	Количество целевых клеток, * 10 ⁷ г ⁻¹								
	T.2a	T.3	T.5	T.6	T.7a	0.0	2.0	T.7a L*	T.5 L*
Общее количество (DAPI)	25(±2,1)	27(±2,6)	23(±1,9)	28(±2,1)	28(±2,4)	9,6(±1)	34(±3,5)	12(±1)	11(±0,8)
Archea	4,7(±1,1)	2,4(±0,8)	2,2(±0,7)	2,5(±0,7)	1,5(±0,9)	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.
Eubacteria	10(±0,9)	13(±1,3)	14(±1,9)	13(±1,1)	14(±1,6)	9,9(±0,3)	8,8(±1,4)	2,9(±0,5)	2,8(±0,4)
Метанотрофы I типа	0,7(±0,5)	0,4(±0,2)	0,2(±0,1)	0,2(±0,1)	0,4(±0,1)	0,04(±0,3)	0,2(±0,1)	0,2(±0,1)	0,05(±2,1)
Метанотрофы II типа	2,8(±0,6)	4,7(±0,9)	2,7(±0,7)	2,3(±0,5)	3,6(±0,8)	11(±2) 7	0,3(±0,1)	0,8(±0,2)	0,2(±0,1)

Примечание. * образцы фиксировали при отборе RNA Later (1:3 по объему) и до анализа хранили при комнатной температуре.

Для образцов исходного торфяника и сенокоса была протестирована методика отбора проб в поле с использованием специального препарата (RNALater), который позволяет сохранять биологические объекты, содержащие РНК, при комнатной температуре в течение нескольких суток. Полученные результаты продемонстрировали перспективность этого приема для сохранения метаболически активных микроорганизмов в образцах торфяных почв и увеличении степени десорбции клеток с поверхности торфяных частиц.

Анализ образцов вегетационного опыта показал, что наблюдается значительное возращание общего количества бактерий (особенно в варианте без растений). Доля активных бактерий примерно соответствует таковой для канавы сенокосного луга.

Нами была высказана гипотеза, что изменения гидрологических условий, pH, растительности, содержания доступных минеральных соединений углерода и азота определяет вариабельность как в активности, так и в составе метанотрофных и метаногенных сообществ. Антропогенное воздействие приводит к увеличению количества метаногенов и, возможно, увеличению их разнообразия. Напротив, для метанотрофных сообществ предполагается снижение, как количества, так и разнообразия бактерий. Полученные результаты экспериментальных исследований могут служить подтверждением этого предположения. В почвах торфоразработок, а также сенокоса возрастает количество архей, основную долю которых в торфяных почвах составляют метаногены. В то же время, количество метанотрофов снижается. Выявленные различия могут служить объяснением факта высоких значений потока метана в атмосферу из антропогенно-нарушенных объектов по сравнению с естественным болотом, выявленного ранее [4].

Выводы

1. В торфяных почвах, используемых для добычи торфа и сенокоса, выявлено увеличение численности метаболически активных метаногенных архей и снижение численности метанотрофов. Это объясняет обнаруженное увеличение эмиссии метана из этих объектов по сравнению с естественным болотом.
2. Антропогенное воздействие, вероятно, изменяет не только количество основных микроорганизмов цикла метана в торфяных почвах, но и состав микробных сообществ. Для оценки состава метаногенных и метанотрофных сообществ необходимо дополнить полученные данные исследованиями с применением таксоноспецифичных олигонуклеотидных зондов.

Литература

1. Galand P. E., Juottonen H., Fritze H., Yrjala K. Methanogen communities in a drained bog: effect of ash fertilization // *Microb. Ecol.* – V.49.– P. 209–217.
2. Dedysh S. N., Derakshani M., Liesak W. Detection and enumeration of methanotrophs in acidic Sphagnum peat by 16s rRNA fluorescence in situ hybridization, including the use of newly developed oligonucleotide probes for *Methylocella palustris*. // *Appl. Environ. Microbiol.* – № 67. – P. 4850–4857.
3. Casper P., On Chim Chan, Furtado A.L.S., Adams D. Methane in an acidic bog lake: The influence of peat in the catchment on the biogeochemistry of methane // *Aquat. Sci.* – 2003. V.65. – P. 36–46.
4. Чистотин М. В., Сирин А. А., Дулов Л. Е. Сезонная динамика эмиссии углекислого газа и метана при осушении болота в Московской области для добычи торфа и сельскохозяйственного использования // *Агрохимия.* – 2006. – №6.– С. 54–62.
5. Stahl D.A., Amann R. Nucleic Acid Techniques in Bacterial Systematics // *Development and Application of Nucleic Acid Probes* / Eds. E. Stakebrandt and M. Goodfellow Chichester: Wiley. – 1991.– P. 205–248.
6. Daims H., Bruhl A., Amann R., Schleifer K-H., Wagner M. The domain-specific probe EUB338 is insufficient for the detection of all Bacteria:Development of a more comprehensive probe set // *Syst. Appl. Microbiol.* – 1999. – V. 22. – P. 434–444.
7. Eller G., Stubner S., Frenzel P. Group-specific 16S rRNA targeted probes for the detection of type I and type II methanotrophs by fluorescence in situ hybridisation // *FEMS Microbiol. Lett.* – 2001. – V.198. – P.31–37.

FISH ANALYSIS OF MICROBIAL COMMUNITIES IN DRAINED PEAT SOILS

E. V. Menko, I. K. Kravchenko

The numbers of metabolic active bacteria and archaea were evaluated in peatlands drained for peat extraction and hayfield by direct microscopy count with specific fluorescent probes. The number of archaea was found to increased in drained peats, and alternatively number of methanotrophs decreased. Our findings may be useful to explain data of unusual high methane efflux from drained peatlands.

МИКРОБНАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ МЕТАНА, ДИОКСИДА УГЛЕРОДА И ЗАКИСИ АЗОТА В ОКУЛЬТУРЕННЫХ ТОРФЯНЫХ ПОЧВАХ

В. В. Новиков, А. Л. Степанов, А. И. Поздняков

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, г. Москва, vladvad@ya.ru

На примере почв поймы реки Яхромы (Московская обл.) изучены особенности микробной трансформации парниковых газов (метана, диоксида углерода и закиси азота) в окультуренных торфяных почвах. Проведен сравнительный анализ интенсивности микробных процессов в торфяных почвах разных сроков сельскохозяйственного использования. Получено подтверждение способности окисления метана культурами нитрифицирующих бактерий *Nitrosolobus multiformis* и *Nitrosospira* sp.

Строительство осушительных систем вносит коренные изменения в болотные ландшафты, создавая условия для ускоренной минерализации органического вещества торфяных почв. Несмотря на многовековой опыт осушения болот, имеющиеся материалы по осадке и сработке торфа противоречивы. Недостаток большинства работ состоит в ограниченности срока наблюдения несколькими годами с момента осушения, когда осадка торфа протекает наиболее интенсивно.

Цель работы заключалась в выяснении особенностей процессов эмиссии и поглощения парниковых газов в торфяных почвах при осушении и длительном сельскохозяйственном использовании (30, 60 и 90 лет). В качестве контрольной была выбрана неосушенная торфяная почва (табл. 1).

Таблица 1

Характеристика объектов исследования

Название почвы и срок сельскохозяйственного использования	pH водный	Зольность, %
Агроторфяная типичная на осоково-гипновом торфе, 90 лет использования	7,8	27,79
Агроторфяная типичная на травяно-гипновых торфах, 60 лет использования	7,4	31,07
Агроторфяная типичная почва на древесном эутрофном торфе, 30 лет использования	6,6	44,6
Торфяная типичная на гипновом разнотравном торфе (контроль)	7,5	15,40

Определение эмиссии и поглощения парниковых газов проводили как в полевых условиях – методом эмиссионных камер, так и в лаборатории – инкубацией почвенных образцов в герметичных флаконах. Измерение концентрации газов осуществляли методом газовой хроматографии.

Сезонная динамика эмиссии парниковых газов (CO_2 , CH_4 , N_2O) из торфяных почв изучалась на протяжении вегетационного периода. Минимальная интенсивность эмиссии была отмечена в апреле. К середине лета активность дыхания агроторфяных почв повышается при снижении эмиссии метана, что вероятно обусловлено понижением уровня грунтовых вод. Большое количество дождевых осадков в конце сентября – начале октября способствует повышению уровня грунтовых вод и приводит к увеличению эмиссии метана. В период низкого уровня грунтовых вод осушенная толща агроторфяной почвы работает как метанопоглощающий фильтр, который окисляет метан, образующийся в анаэробной зоне. Это приводит к снижению общего потока метана из почв в атмосферу. В отличие от метана, поток закиси азота в этих условиях, наоборот, возрастает. Максимальная эмиссия N_2O наблюдается в июле. Это обусловлено облегченной диффузией N_2O в окислительных условиях в силу преимущественно анаэробного характера процесса микробного восстановления N_2O в почвах. Таким образом, понижение уровня грунтовых вод сопровождается ростом потока CO_2 и N_2O из почв в атмосферу при одновременном снижении эмиссии CH_4 . Активность эмиссии парниковых газов на протяжении всего пе-

риода исследований в агроторфяной почве 30–60 лет использования – в 2–3 раза выше по сравнению с почвой 90 лет использования и в 3–4 раза выше, чем в контроле.

Особого внимания среди процессов, связанных с поглощением парниковых газов в агроторфяных почвах, заслуживает процесс окисления метана. Метан является одним из важнейших микрокомпонентов атмосферы, во многом определяющим процесс глобального изменения климата. Величина потока метана из почв в атмосферу определяется главным образом протеканием двух противоположно направленных микробных процессов – выделением метана метаногенными микроорганизмами и его поглощением метанотрофными бактериями. Большое влияние на соотношение между этими процессами в почвах оказывает концентрация минеральных соединений азота. Это обусловлено способностью метанокисляющих бактерий переключаться на окисление ионов аммония, что объясняется сходством ключевых ферментов метанмонооксигеназы и аммониймонооксигеназы [1]. В нашей работе впервые определен вклад нитрифицирующих бактерий в процесс окисления метана в почвах: на разных участках агроторфяных почв степень участия нитрификаторов в окислении метана варьирует от 6 до 15 %. Вклад метанотрофов в процесс окисления аммония может достигать 12–26 % [2].

Установлена способность чистых культур автотрофных нитрифицирующих бактерий *Nitrosolobus multiformis* и *Nitrosospira* sp. окислять метан (до 3,7 нмоль CH_4 / 10^3 кл.·сут) [3]. Способность нитрификаторов переключаться с окисления аммония на окисление метана служит скорее всего механизмом выживания, когда один из этих источников энергии недоступен [4]. В связи с тем, что метан всегда присутствует в торфяных почвах, преимущество такой способности использования альтернативного субстрата является очевидным.

В агроторфяных почвах 30–90 лет сельскохозяйственного использования при понижении уровня грунтовых вод наблюдается максимум активности дыхания и возрастает эмиссия закиси азота. Большую часть вегетационного периода доминирует процесс поглощения метана, эмиссия метана значительно возрастает лишь при существенном повышении уровня грунтовых вод в осенний период.

Установлено, что в осушенных торфяных почвах 30–90 лет сельскохозяйственного использования до 92 % потерь углерода осуществляется в виде углекислого газа. Напротив, в неосушенных торфяниках от 45 до 80 % углерода теряется в виде метана.

С увеличением сроков использования торфяных почв уменьшается интенсивность образования парниковых газов. Активность эмиссии в агроторфяных почвах срока использования 90 лет в 2 раза ниже по сравнению с агроторфяными почвами 60-ти лет использования, и в 5–6 раз ниже по сравнению с агроторфяными почвами срока использования 30 лет.

При осушении торфяных почв увеличиваются потери углерода из почв в виде CO_2 и возрастает эмиссия N_2O . В целях снижения минерализации торфяных почв и уменьшения эмиссии парниковых газов на мелиорируемых низинных торфяниках не рекомендуется понижение уровня грунтовых вод ниже 1,5 м и ежегодное выращивание пропашных культур, которое приводит к образованию плужной подошвы – месту формирования анаэробных зон – источников метана и закиси азота. Напротив, залужение многолетними травами формирует более благоприятное и равномерное соотношение твердой фазы, воды и воздуха и приводит к снижению эмиссии этих газов из почв в атмосферу.

Литература

1. Bodelier P.L.E., Frenzel P. Contribution of methanotrophic and nitrifying bacteria to CH_4 and NH_4^+ oxidation in the rhizosphere of rice plants as determined by new methods of discrimination // Appl. Environ. Microbiol. – 1999. – V.65. – P.1826–1833.

2. Новиков В. В., Степанов А. Л. Сопряжение процессов микробного окисления метана и аммония в почвах // Микробиология. – 2002. – Т.71. – №2. – С. 272–276.
3. Новиков В. В., Степанов А. Л., Поздняков А. И., Лебедева Е. В. Сезонная динамика эмиссии CO_2 , CH_4 , N_2O и NO в торфяных почвах поймы реки Яхромы // Почвоведение. – 2004. – Т. 37. – №7. – С. 867–874.
4. Кравченко И. К. Ингибирующее действие аммония на активность метанотрофного микробного сообщества верхового болота // Микробиология. – 1999. – Т.68. – С. 241–246.

MICROBIAL TRANSFORMATION OF METHANE, CARBON DIOXIDE AND NITROUS OXIDE IN CULTIVATED PEAT SOILS

V. V. Novikov, A. L. Stepanov, A. I. Pozdnyakov

*Greenhouse gases (CH_4 , CO_2 and N_2O) fluxes and consumption were studied in peat soils of the Yakhroma River Floodplain. Comparative appraisal of microbial processes was carried out in peat soils of different cultivation period. The ability of nitrifying bacteria *Nitrosolobus multiformis* and *Nitrosospira* sp. to oxidize methane was shown.*

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ И СОДЕРЖАНИЕ РТУТИ В ПОЧВАХ ИЛАССКОГО БОЛОТНОГО МАССИВА АРХАНГЕЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ¹

А. Э. Овсепян, А. Н. Масык

Южный федеральный университет, г. Ростов-на-Дону, ovsepleat@yandex.ru

В результате исследований почвенного покрова Иласского болотного массива проведен анализ на содержание ртути. Выявлены особенности распределения ртути по почвенным горизонтам, составлена карта пространственного распределения.

Актуальность работы обусловлена тем, что она посвящена изучению содержания и распределения в почвах ртути – элемента первого класса опасности, а также обостряется приуроченностью района исследований к северным территориям, особо уязвимым для антропогенного воздействия.

Объекты и методы исследований

Изучаемая территория является частью олиготрофного болотного массива площадью 88,95 км², длиной 17 км и шириной 3,8 км, расположена в Приморском районе Архангельской области в 30 км на юго-юго-запад от г. Архангельска [1]. Массив располагается на водоразделе рек Брусовица, Щухта, Бабья и ручья Илас, относящихся к бассейну Северной Двины. Структура исследуемого участка представляет собой систему простых болотных массивов, находящихся на стадии плоско-выпуклых грядово-мочажинных болот с озерково-мочажинными комплексами в их центральных частях. В пределах массива 5,4 % площади приходится на суходольные острова, представляющие собой облесенные гривы по периферии болота. Порядка 2,5 % занимают озера, среди которых самым крупным является сточное озеро Иласское с площадью зеркала 1,8 км² и максимальной глубиной 2,5 м. Сток из озера осуществляется через ручей Илас, протекающий в северо-западном направлении. В 1,5 км от истока, по торфяной залежи ручей пересекает границу болота и прокладывает свое русло по пылеватым суглинкам, интенсивно их размывая. Сток из озера вызывает непрерывное снижение его уровня. С болота Иласского стекает ряд ручьев и речек. Река Малая Брусовица берет начало в топях южной окраины болота; в восточной части системы берет начало речка Черная, в западной – река Бабья. Северную границу болота пересекают ручьи, берущие начало из озер Щучье и Трясинное, Плоское, а также ручей Иласский, принимающий в себя все вышеперечисленные водотоки [1, 2].

Исследовательские работы проводились студентами кафедры физической географии, экологии и охраны природы Южного федерального университета в летние сезоны 2007, 2008 годов во время прохождения научно-производственной практики на Иласском болотном массиве. Пробы почв отбирались на 8 станциях до глубины 25 см с целью определения содержания в них ртути с применением ножа. Полученные колонки разделялись на фрагменты по 5 см и расфасовывались в герметичные кульки. Анализ содержания ртути производился с помощью атомно-абсорбционной спектроскопии методом холодного пара в ГХИ Росгидромета. Станции отбора проб находились в разных частях болотного массива, в пределах 8 основных микроландшафтов (рис. 1). В таблице 1 приведено описание станций отбора проб по основным микроландшафтам с характерной для них растительностью.

¹ Работа выполнена при финансовой поддержке гранта Президента РФ «Ведущие научные школы» (МК-2100.2009.5), РФФИ (№ 09-05-00337), Г/к № 02.740.11.0334, Президиума РАН (проект 17.1).

Станции отбора проб почв и характеристика основных микроландшафтов Иласского болотного массива

№ станции отбора проб	Горизонт, см	Описание	Болотные микроландшафты	Характерная растительность
1	0–25	Торф темно-коричневого цвета с включениями корней и неразложившихся растений	Сфагново-сосново-пушицевый	Вереск, вороника, багульник, голубика.
2	0–5	Грунт темно-серого цвета с большим содержанием корней	Сосново-кустарничковый	Сосна, береза, рябина, багульник, «заячий» мох – шейхцерия.
	5–10	Песок		
	10–15	Песок с примесью глины		
	15–20	Глинистый грунт		
	20–25	Глина светлого цвета с включениями корней		
3	0–25	Торф темно-коричневого цвета с включениями корней и неразложившихся растений	Сфагново-пушицево-кустарничковый с единичными соснами высотой до 3 м	Сосна, рябина, сфагновый мох, голубика, пушица.
4	0–5	Торф желтого цвета с включениями плохо разложившихся корней	Грядово-мочажинный комплекс	Сфагновый мох, голубика, пушица, сосна (не более 1.5 м), осока, клюква, пушица.
	5–10	Желтого цвета торф с большим количеством неразложившихся растений		
	10–15			
	15–20			
	20–25			
5	0–5	Торф коричнево-желтого цвета. Грунт темно-желтого цвета с большим количеством неразложившихся корней	Грядово-мочажинный комплекс	Осока, вороника, пушица, мох сфагновый, морошка, рослянка.
	5–10			
	10–15			
	15–20			
	20–25			
6	0–25	Торф желто-коричневого цвета с большим количеством неразложившихся корней	Грядово-озерковый комплекс	Ягель, мхи, вереск, морошка.
7	0–25	Грунт темно-желтого цвета с большим количеством неразложившихся корней	Грядово-озерковый комплекс	Мох, ягель, вереск, сосна (1–1,5м).
8	0–25	Торфяная масса с большим количеством неразложившихся корней	Сфагново-кустарничково-пушицевый с редкой сосной, высотой от 1 до 3 м	Сосна, береза, рябина, черника.

Обсуждение результатов

В исследованных микроландшафтах Иласского болотного массива содержание ртути варьировало от 0,009 до 0,06 мкг/г с.м. (табл. 2). Максимальное содержание ртути в почвах обнаружено в восточной части болота на станции № 8 и составляет 0,06 мкг/г с.м. (горизонт 0–5). Минимальное содержание наблюдается на станции № 6 (0,009 мкг/г с.м., горизонт 10–15). Средние значения концентраций находились на уровне 0,018–0,045 мкг/г с.м. (рис. 2).

Максимальные концентрации ртути приурочены к станциям №№ 8, 3, 4. Именно эти участки расположены в непосредственной близости от железнодорожных путей. Как известно, работающие на дизельном топливе двигатели выбрасывают в окружающую среду смесь газов и мелких частиц, содержащих, в том числе и соединения ртути. Выбросы железной дороги, таким образом, являются здесь основным поставщиком ртути. Подобное распределение говорит также о незначительном антропогенном влиянии на Иласский болотный массив трансграничного атмосферного переноса воздушных масс.



Рис. 1. Схема отбора проб

В действительности, преобладающими направлениями ветра в Архангельской области являются – Юго-восточное, Южное, и Иласский болотный массив находится в стороне от переноса воздушных масс, формирующихся под влиянием Архангельской агломерации. Помимо этого, очищающее действие оказывает расположение исследуемой территории – в таежной зоне. Повышенная кислотность болотных почв способствует активизации миграционных способностей ртути, благоприятствует её нахождению в растворенной форме, связыванию с фульвокислотами и вымыванию из почв болота с атмосферными осадками. Различия в содержании ртути на остальных станциях незначительны и связаны, скорее всего, с особенностями произрастающей растительности и составом грунта. Так, например, для станций с наименьшими концентрациями ртути (№ 6, 2) характерно повышенное содержание песчаных фракций в образцах.

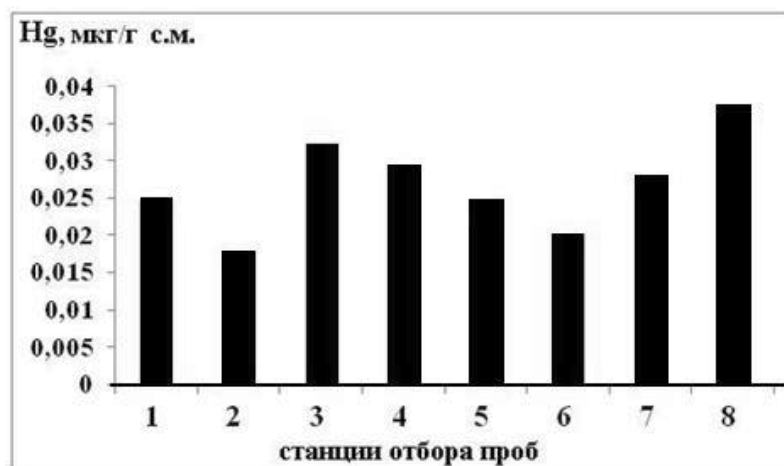


Рис. 2. Распределение среднего содержания ртути в почвенных образцах по станциям

Распределение содержания ртути по глубине характеризуется неоднородностью, однако в целом наблюдается тенденция уменьшения содержания ртути с глубиной (рис. 3). Наибольшие концентрации ртути характерны для слоя почв 0–5 см, затем наблюдается резкое снижение содержания с минимальными значениями в слое 15–20 см и неяркое выраженное повышение содержания ртути в почвенном слое 20–25 см (в среднем на 0,001 мкг/г с.м.). Максимальные концентрации в 2,5 раза превышают минимальные.

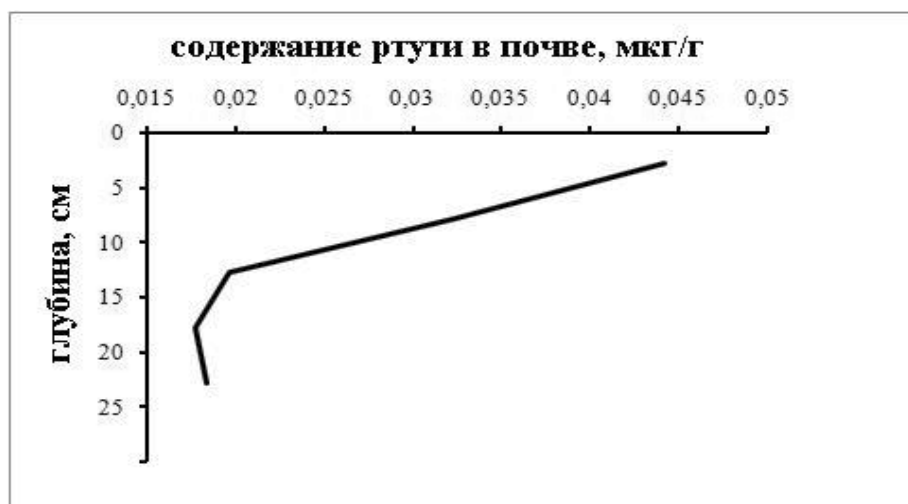


Рис. 3. Среднее содержание ртути в почвенных горизонтах Иласского болотного массива

Результаты анализов показали, что содержание Hg во всех отобранных пробах не превышают существующих ПДК, что, в частности, подтверждает ранее сделанные выводы для почв устьевой области р. Северной Двины, характеризующейся значительной заболоченностью [1, 3]. Сравнение результатов данного исследования с имеющимися в литературе данными [3, 4, 5, 6] позволяет утверждать, что концентрация ртути в почвах Иласского болотного массива в 2 раза ниже концентраций ртути в почвах г. Архангельска, в 5 раз ниже, чем в донных отложениях устьевой области р. Северная Двина, и в 77,7 раз ниже ПДК, установленных для почв.

Таблица 2

Содержание ртути в почвах Иласского болотного массива, мкг/г с.м (составлено по результатам исследований авторов)

№ станции отбора	Горизонты, см				
	0–5	5–10	10–15	15–20	20–25
1	0,044	0,033	0,012	0,011	0,023
2	0,038	0,016	0,014	0,010	0,011
3	0,050	0,030	0,030	0,021	0,030
4	0,057	0,034	0,022	0,019	0,015
5	0,045	0,033	0,015	0,017	0,013
6	0,026	0,036	0,009	0,018	0,011
7	0,036	0,038	0,026	0,021	0,019
8	0,06	0,041	0,031	0,027	0,027
среднее содержание	0,045	0,033	0,020	0,018	0,019
ПДК	2,1 мкг/г				

Выводы

Содержание ртути в почвах Иласского болотного массива колеблется в пределах 0,009–0,06 мкг/г, в среднем составляя 0,027 мкг/г. Минимальное содержание ртути

выявлено в почвах, отобранных в микроландшафте грядово-озеркового комплекса (0,009 мкг/г). Максимальные концентрации ртути в почвах Иласского болотного массива составляют 0,06 мкг/г и приурочены к станции, относящейся к сфагново-кустарничково-пушицевому микроландшафту с редкой сосной и расположенной ближе всего к железной дороге.

Наиболее высокие концентрации ртути приурочены к почвенному горизонту 0–5 см, относительно низкие – к горизонтам 15–25 см. Максимальные концентрации в среднем в 2,5 раза превышают минимальные.

Формирование различий в концентрациях ртути по станциям связано с влиянием железной дороги. Концентрации ртути в исследуемых почвах находятся на фоновом уровне. Влияние архангельской агломерации и атмосферного переноса воздушных масс на загрязнение почвенных образцов ртутью незначительно, однако оно присутствует, о чем свидетельствует характерное для большинства образцов значительное превышение содержания ртути в верхнем горизонте почв.

Выражаем благодарность за теплый прием и оказанное содействие сотрудникам болотной станции «Брусовица» и ее начальнику Расторгуевой Н. В.

Литература

1. О работе труднодоступной болотной станции Брусовица. – URL: <http://www.sevmeteo.ru/articles/3/209.shtml>
2. Дубинина О. П., Егорова М. А. Влияние некоторых факторов на формирование биологического разнообразия растительности Иласского болотного массива // Экологические проблемы. Взгляд в будущее: сб. трудов 5-й Межд. научно-практ. конф. – Ростов-на-Дону: Ростиздат, 2008. – С. 190–192.
3. Федоров Ю. А., Овсепян А. Э., Доценко И. В. Ртуть в почвах устьевой области р. Северной Двины // Известия вузов. Северо-Кавказский регион. Естественные науки/ – № 6, 2007/ – С.109–115.
4. Фоновое содержание свинца, ртути, мышьяка и кадмия в природных средах (по мировым данным). Сообщение 3 / В. А Петрухин [и др.]// Мониторинг фонового загрязнения природных сред.– Л.: Гидрометеиздат, 1986. – С. 3–27.
5. Машьянов Н. Р. Ртуть в окружающей среде // Минерал. – 1999. – №1. – С. 5–64.
6. Федоров Ю. А., Овсепян А. Э., Доценко И. В. Ртуть в донных отложениях устьевой области Северной Двины и Двинской губы Белого моря // Известия вузов. Северо-Кавказский регион. Естественные науки. Спецвыпуск. – 2007. – С. 31–37.

DISTRIBUTION AND CONTENT OF MERCURY IN SOILS OF ILASSKOE SWAMPY AREA OF THE ARKHANGELSK REGION

A. E. Ovsepyan, A. N. Masik

In studies of soil cover Ilasskoe swampy area analyzed for mercury content. The features of the distribution of mercury in soil horizons, maps of spatial distribution. comparative analysis with literature data, conclusions about the soils state of Ilasskoe swampy area on mercury pollution.

САПРОПЕЛИ ОЗЕР СИБИРИ ДЛЯ КУРОРТНО-РЕКРЕАЦИОННЫХ ЦЕЛЕЙ**Т. А. Пушкарева, Т. М. Тронова, Н. Г. Клопотова, М. Г. Бородина**ФГУ «Томский научно-исследовательский институт курортологии и физиотерапии
Федерального медико-биологического агентства России», г. Томск, resurs@niikf.tomsk.ru

В работе дана физико-химическая и микробиологическая характеристика исследованных сапропелевых озер Сибири для оценки их экологического состояния и курортно-рекреационной значимости.

В последние десятилетия на территории Сибири активно осваиваются донные отложения пресноводных озер (сапропели) как эффективное природное лечебное средство с доказанным терапевтическим эффектом. При этом месторождения сапропелей, уже используемые в лечебной практике и перспективные для лечебного освоения, часто располагаются на территориях неблагоприятных в отношении антропогенных и техногенных воздействий, подвержены неконтролируемым рекреационным нагрузкам в летние сезоны года. В связи с этим, оценка их состояния и экологической безопасности водных систем, в целом, чрезвычайно актуальна.

Специалистами Испытательной лаборатории Томского НИИКиФ проведены комплексные исследования сапропелевых озер Томской области (озера Кирек, Карасевое), Красноярского края (Плахино, Плотбищенское), Тюменской области (Толубаево).

Исследования основных физико-химических параметров (влажность, зольность и других) проведены с использованием методик, принятых в практике изучения лечебных грязей [1]. Биологическая активность грязей и, в целом, экологическое состояние водоемов оценивалась численностью и активностью микробного ценоза круговоротов азота, углерода, серы, железа [2] с использованием следующих биотических параметров: содержание сапрофитов, олиготрофов, общее число кондиционных проб воды и грязей по санитарно-микробиологическим показателям [4, 5].

Озеро Кирек расположено в 70 км к юго-западу от г. Томска, площадью 0,49 км². Максимальная глубина воды (7,0 м) отмечена в центральной части водоема, донные отложения представлены двумя разновидностями сапропелей: органическим (мощностью до 11,0 м) и карбонатным (до 3,7 м). Данные сапропели характеризуются общей органической массой в количестве от 26, 0 до 51,0 % с содержанием битумов, гуминовых веществ, углеводов, липидов. По основным физико-химическим параметрам (табл. 1) они классифицированы как пресноводные, бессульфидные сапропелевые лечебные грязи Молтаевской разновидности [1] с запасами по категории С₂ 2242,6 тыс. м³. Лечебные сапропели озера Кирек добываются и используются в нативном и в преформированном виде учреждениями здравоохранения Томской области (Томский НИИ курортологии и физиотерапии, санаторий «Синий Утес» и др.).

Озеро Карасевое, расположенное в 27 км от д. Чажемто Колпашевского района Томской области, представляет собой лечебную сырьевую базу санатория «Чажемто» и пансионата «Источник». Озеро имеет площадь 7,8 км², слабопроточно, в северо-восточной части сопряжено с Петропавловским болотом. Глубина озерной воды до 1,4 м, мощность донных отложений до 5,0 м. Физико-географические условия местности способствовали формированию в данном водоеме двух разновидностей сапропеля: карбонатного и торфосапропеля общим объемом 8652 тыс м³. Данные сапропели по физико-химическим критериям соответствуют Молтаевским сапропелевым лечебным грязям, содержат микроэлементы в бальнеологически допустимых концентрациях (сурьма, цинк, медь, марганец, висмут и др.).

Физико-химические показатели исследованных лечебных сапропелей

Объект исследования	Показатели						
	Влажность, %	Зольность, %	Сопротивление сдвигу, дин/см ²	Объемный вес, г/см ³	Теплоемкость, кал./г.град	Содержание ОВ, %	Состав грязевого отжима, pH
Томская область							
Оз. Кирек Карбонатный сапропель	72,0	57,7	1716	1,13	0,94	26,1	HCO ₃ 75 Cl 17 M 0,44 ----- pH 6,6 (Na+K) 69 Ca 18 Mg 12
Органический	92,2	43,8	6400	1,0	0,96	51,0	–
Оз. Карасевое Карбонатный сапропель	64,0	59,1	1839	0,8	0,89	34,0	HCO ₃ 86 Cl 14 M 0,43 ----- pH 7,5 Ca 54 (Na+K) 33 Mg 13
Торфосапропель	91,9	17,9	–	–	–	69,0	M 0,47
Красноярский край							
Оз. Плахино	89,6	43,4	1226	1,09	0,96	24,2	HCO ₃ 100 M 0,99 ----- pH 7,4 Ca 5 Mg 26 (Na+K) 24
Оз. Плотбищенское	61,9	87,2	1839	1,38	0,76	3,93	HCO ₃ 100 M 0,18 ----- pH 6,8 Mg 61 Ca 32
Тюменская область							
Оз. Толубаево	95,4	32,4	–	1,06	0,98	67,5	SO ₄ 57 HCO ₃ 34 M 0,96 ----- pH 7,8 (Na+K) 58 Ca 35 Mg 7

Озеро Плахино расположено в 120 км от г. Канска Красноярского края в живописной таежной местности поймы р. Бирюса. Площадь озера 2,5 км², глубина водного слоя не превышает 1,7 м, мощность донных отложений, представляющих собой карбонатные сапропели, достигает 5,0 м. Бальнеологически ценными свойствами данных сапропелей является наличие органических веществ (до 24,2 %), содержащих специфические компоненты: воскоsmолы (до 17,8 %), растворимые органические фракции (до 60 %), ферментный и витаминный комплексы [3]. Высокие антиоксидантные и бактерицидные качества данных сапропелей подтверждены экспериментальными наблюдениями и клинической практикой (в восстановительном лечении ликвидаторов аварии на Чернобыльской АЭС, лечебно-профилактических учреждениях Красноярского края). Детальными грязеразведочными работами (Ивановская ГПП «Красноярскгеология») балансовые запасы сапропелей установлены в количестве 4028 тыс м³.

Озеро Плотбищенское расположенное в 20 км западнее г. Енисейска Красноярского края, согласно исторической справке являлось сырьевой лечебной базой старейшего местного курорта (1855–1860 г.г.). Поисковыми работами последних лет установлена мак-

симальная глубина озерной воды 5,0 м и мощность донных отложений – 1,0 м. По основным классификационным признакам донные отложения соответствуют классу пресноводных сульфидных сапропелевых лечебных грязей Табозерской разновидности [1]. Особенностью состава данных грязей является высокое содержание закисного железа (FeO от 600 до 1125 мг на 100 г нативной грязи), а также наличие бальнеологически ценного компонента – сульфида железа (FeS до 0,03 %).

В границах Тюменской области нами оценены качественные показатели сапропелей озера Толубаево Тюменского района, как источника лечебного сырья «Центра восстановительной медицины и реабилитации «Сибирь» (г. Тюмень). Озеро с площадью 2,9 км² располагается в пойме р. Пыжма, в 12,5 км от г. Тюмень. Качественные показатели сапропеля, залегающего слоем 2,8 м на эксплуатационном участке, соответствуют всем требованиям, предъявляемым к лечебным грязям. Аналогом данных грязей являются пресноводные бессульфидные сапропели озера Молтаево.

В комплексе критериев, используемых в настоящее время при оценке экологического состояния водоемов и биологической активности сапропелевых лечебных грязей информативна роль санитарно-микробиологических показателей и микробного пула в целом. Участвуя, главным образом, в процессах деструкции органического вещества и преобразовании элементов круговоротов азота, углерода, серы, железа, микробные сообщества в итоге способствуют процессам грязеобразования.

Качественный и количественный состав физиологических групп микроорганизмов исследованных нами сапропелей, представленный в таблице 2, характеризует специфичность данного вида лечебных грязей. Доминирующими морфологическими формами в них являются аэробные и анаэробные бактерии, перерабатывающие азотистые соединения: аммонификаторы, денитрификаторы (интенсивность развития 4–5 баллов по пятибалльной системе) и микобактерии сапрофитных видов микроорганизмов, разлагающие белки, жиры, углеводы, углеводороды сложных органических образований до более простых соединений.

Таблица 2

Микробиологическая характеристика исследованных сапропелевых отложений

Физиологические группы бактерий, микр.кл/г	Объекты исследований				
	Томская область		Тюменская область	Красноярский край	
	Оз. Кирек	Оз. Карасевое	Оз. Толубаево	Оз. Плотбищенское	Оз. Плахино
Аммонифицирующие	10 ³	10 ³	10 ³	10 ²	10 ⁴
Денитрифицирующие	10 ⁴	10 ⁴	10 ⁴	10 ²	10 ³
Микобактерии сапрофиты	10 ²	10 ³	10 ³	10 ⁴	10 ³
Клетчаткоразрушающие аэробы	10	10	10	–	10
Сульфатредуцирующие	–	10	10 ²	10 ³	10
Тионовые	Отс.	Отс.	Отс.	Отс.	Отс.
Железобактерии					
Плесневые грибы	100	40	–	–	48
Санитарно-микробиологические показатели					
БГКП (титр колиформы)	1,0–10	0,1	0,1	0,1	0,1–1,0
Титр перфрингенс	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1отс.
ОМЧ, КОЕ/г	230 000	490 000	400 000	310 000	900 000
Синегнойная палочка	Отс.	Отс.	Отс.	Отс.	Отс.

Выявленные в сапропелях озер Плотбищенское и Толубаево процессы сульфатредукции подтвердили присутствие в их составе сульфатов и сероводорода, высокие концентрации органических веществ (табл. 1). Выявленные в данных грязях автотрофные и гетеротрофные железобактерии (табл. 2) способствуют концентрации окисных и закисных форм железа.

Микробный ценоз исследованных пресноводных водоемов и, в частности, содержание сапрофитов и олиготрофов в озерных водах, наряду с другими показателями (концентрация органических веществ), позволили оценить их трофический статус (табл. 3).

Таблица 3

Тип трофности водоемов по микробиологическим показателям

Объекты исследования	Сапрофиты, кл/см ³ , тыс.	Олиготрофы, кл/см ³ , тыс.	Содержание ОВ по Сорг., %	Тип трофности
Кирек	160	30	16,2	мезотрофный
Карасевое	490	57	26,1	эвтрофный
Плахино	1200	49	24,1	эвтрофный

В сравнении с высоко минерализованными и олиготрофными водоёмами, данные пресноводные озёра менее устойчивы к возрастающим антропогенным нагрузкам особенно в периоды массового летнего отдыха населения.

Проводимые нами многолетние исследования санитарно-микробиологических показателей озер и, в частности, озера Кирек, показали снижение титра колиформных бактерий до значений 1,0 при норме 10,0 (табл. 2). При этом, процент некондиционных по санитарно-микробиологическому состоянию проб данного грязевого месторождения не превышал 10 %. В подтверждении следует сказать о том, что высокое видовое разнообразие микрофлоры сапропелевых грязей способно выступать гарантом экологического равновесия водоема за счет проявления антагонизма собственной аллохтонной микрофлоры в отношении к условно-патогенным микроорганизмам и, таким образом, способствовать процессам его самоочищения.

Проведенная оценка исследованных пресноводных озер по эпидемиологическому состоянию показала следующее: озеро Кирек отнесено к слабозагрязненным, мезотрофным водоемам с удовлетворительной экологической ситуацией. Озера Карасевое и Плахино отнесены к озерам эвтрофного типа. Процент проб некондиционных по санитарно-микробиологическим показателям этих озер не превысил 10 %, что свидетельствует об экологической ситуации, в целом, близкой к удовлетворительной, но требующей особо строгого соблюдения зон санитарной охраны водоёма и внедрения рациональных способов добычи лечебных грязей. На озерах Плотбищенском и Толубаево экологическая ситуация не оценивалась из-за незначительных объемов анализируемых проб.

Таким образом, проведенные наблюдения и комплексные физико-химические и микробиологические исследования позволили охарактеризовать современное состояние месторождений лечебных сапропелевых грязей и подтвердить их рекреационную значимость.

Литература

1. Классификация минеральных вод и лечебных грязей для целей их сертификации: метод. указания МЗ № 2000/34 / Сост. В. Б. Адилов, Е. С. Бережной [и др]. – М., 2000. – 75 с.
2. Кузнецов С. И. Микрофлора озер и ее геохимическая деятельность. – М.: Наука, 1970. – 440 с.
3. Джабарова Н. К., Карелина О. А. Тронова Т. М. Комплекс критериев оценки качества пелоидов по их биологической активности //Материалы межд. Конгресса по курортологии, физиотерапии, восстановительной медицине. – Пермь, 2000.– N 2. – С.46–47.
4. Горленко В. М., Дубинина Г. А., Кузнецов С. И. Экология водных микроорганизмов. – М.: Наука, 1977. – 289 с.
5. Требования к горно-санитарной охране месторождений минеральных вод и лечебных грязей МЗ № 96 – 1997 / Сост. В. Б. Адилов, А. В. Дубовский [и др.]. – М., 1997.– 19 с.

SAPROPELS OF LAKES OF SIBERIA FOR HEALTH RESOITS PURPOSES

T. A. Pushkaryova, T. M. Tronova, N. G. Klopotova, M. G. Borodina

The physics-chemical and microbiological character of researched sapropels of lakes of Siberia in purposes of thair ecological state and health resorts importance is offered in this work.

ВЛИЯНИЕ ИЗМЕНЕНИЙ ВОДНОГО РЕЖИМА ОЛИГОТРОФНЫХ БОЛОТ НА ИХ ЭКОСИСТЕМЫ¹

К. Д. Романюк

ГУ «Государственный гидрологический институт», Санкт-Петербург, romanuyuk23@yandex.ru

Приводятся данные по изменению водного режима олиготрофных болот (на примере болот Севера и Северо-Запада ЕТР) и их влиянию на болотные растительные сообщества.

Предположительно около 400 млн. лет назад болота стали своего рода переходным мостом, по которому растения вышли на сушу [1]. С тех пор болотные экосистемы, очевидно, претерпевали определенные изменения. Однако существование их и по сей день является нам пример завидной устойчивости. Поэтому логично предположить, что любые изменения, происходящие с фитоценозами болот, направлены на сохранение системы в целом.

Необходимость изучения экосистем олиготрофных болотных массивов для России очевидна в связи с высокой заболоченностью ее территории, а так же той ролью, которую играют болота в природе и хозяйственной деятельности человека. Сырьевые и растительные ресурсы, места обитания животных, регулирование стока рек заболоченных водосборов, высокая способность к самоочищению – вот лишь некоторые аспекты использования верховых болот человеком.

Главнейшей чертой растительного покрова болот Севера и Северо-Запада ЕТР является существенное преобладание олиготрофной растительности, которой покрыто большинство водораздельных выпуклых болот с преимущественно обедненным атмосферным водно-минеральным питанием. В большинстве случаев это настоящие сфагновые болота с выпуклой формой поверхности, хорошо развитым микрорельефом и комплексным характером олиготрофной растительности. Центральные части этих болот обычно заняты грядово-мочажинными комплексами, безлесные или с редко разбросанными приземистыми угнетенными соснами, окрайки покрыты фитоценозами мезотрофного или евтрофного типа (сфагново-осоковыми, осоково-пушицевыми, осоковыми и другими ассоциациями, часто облесенными сосной или березой) [2].

На олиготрофных болотах встречаются различные формы болотной сосны, имеющей обычно угнетенный характер. И хотя роль сосны в жизни верхового болота обычно невелика, различные ее формы служат внешним индикатором стадии развития болота и условий среды, таких как обводненность, проточность, обеспеченность кислородом, химизм вод субстрата и др. Доминантой же в растительности верховых болот являются различные виды сфагнов, приспособившихся к условиям обильного увлажнения. Наиболее распространенным среди них является *Sphagnum fuscum*.

С 50-х годов 20 века на олиготрофных болотных массивах Севера и Северо-Запада ЕТР проводились наблюдения по методике, изложенной в [3]. Анализ результатов многолетних наблюдений позволил выявить, что на всех изучаемых болотных массивах (Пулозерском, Иласском, Ларьянском, Ширинском и Ламмин-Суо) происходят неоднозначные, но существенные изменения гидрометеорологического режима [4, 5]. Наиболее важными, с точки зрения влияния на растительные ассоциации болот, являются изменения уровней болотных вод в период вегетации растительности [6]. Характер этих изменений представлен на рис. 1.

¹ Работа выполнена при поддержке РФФИ (09 – 05 – 00632-а)

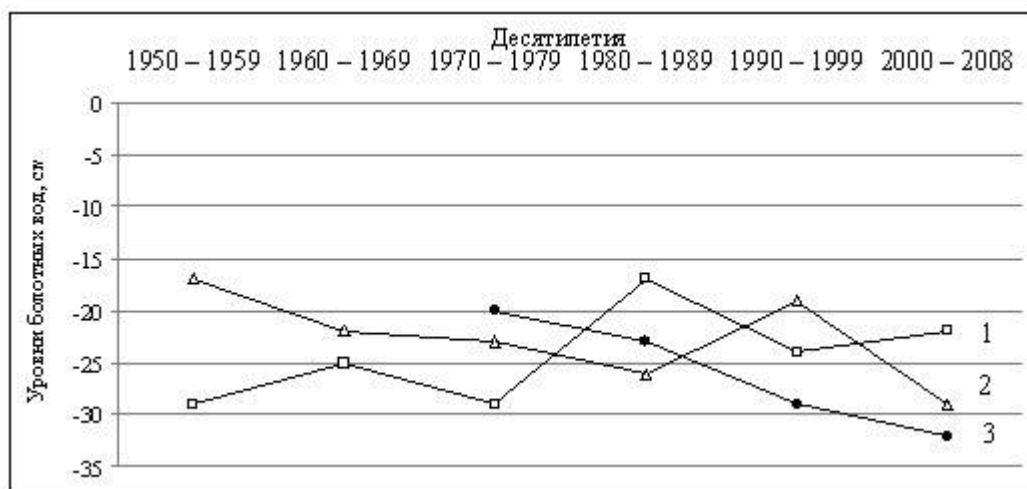


Рис. 1. Изменение уровней болотных вод на олиготрофных болотных массивах Севера и Северо-Запада ЕТР во второй половине 20 – начале 21 вв.
1 – Ларьянский болотный массив, 2 – Иласский болотный массив, 3 – болотный массив Ламмин-Суо

Как видно из рисунка, уровни болотных вод колеблются в значительных пределах. Однако в качестве общей тенденции следует отметить уменьшение со временем глубины их залегания на болотной массиве Ламмин-Суо и увеличение на болотных массивах Иласском и Ларьянском.

На изменение уровней болотных вод оказывают влияние климатические факторы, важнейшими из которых являются температура воздуха, количество выпадающих осадков и тип болотного ландшафта. Эти факторы влияют на интенсивность испарения, водоотдачу деятельного слоя и скорость стекания воды, непосредственно связанные с уровнем грунтовых вод [2]. Связь уровня болотных вод с количеством выпадающих осадков показана на рис. 2. Для наиболее длительного ряда наблюдений (болотный массив Ламмин-Суо) коэффициент корреляции величин осадков и уровня болотных вод составил 0,85. Для Ларьянского и Иласского болотных массивов этот коэффициент равен 0,69 и 0,78 соответственно.

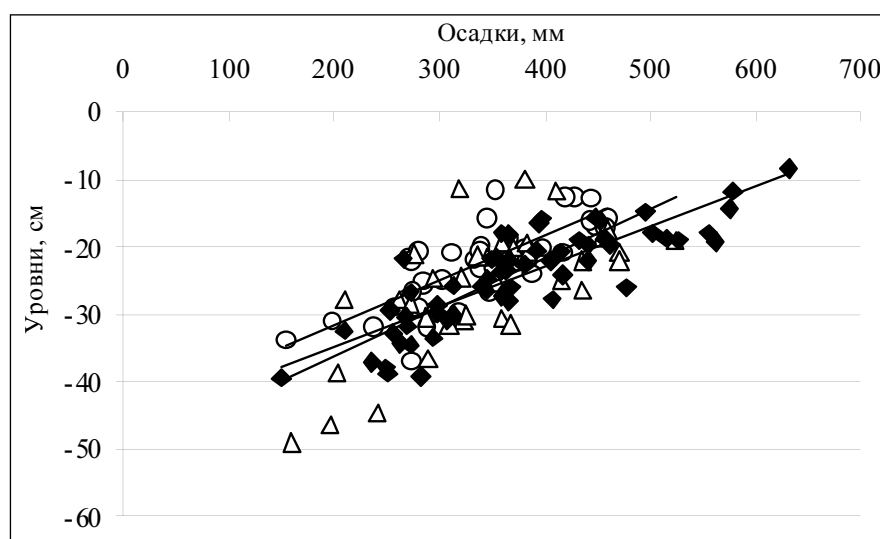


Рис. 2. Зависимость уровня болотных вод от выпадающих осадков.
○ – Иласский болотный массив, △ – Ларьянский болотный массив, ■ – болотный массив Ламмин-Суо

Характер растительности определяется обводненностью и проточностью болотных микроландшафтов. При низкой обводненности и высокой проточности развиваются лесные

олиготрофные болотные ландшафты, являющиеся в определенном смысле предельными для экосистемы болота. При высокой обводненности и слабой проточности развиваются травяно-моховые болотные микроландшафты. Грядово-мочажинные комплексы могут быть как средней (гряды), так и высокой (мочажины) степени обводненности, слабой и средней проточности с соответствующими типами болотных растительных ассоциаций на них. В связи с этим Е. А. Романовой была разработана гидрологическая классификация болотных микроландшафтов верховых болот Северо-Запада России [2].

В работах [6, 7] показано, что нарушение водного режима болотных микроландшафтов в пределах, превышающих допустимую экологическую амплитуду, влечет за собой смену растительных ассоциаций или изменение их структуры. Это касается как повышений, так и понижений уровней и влажности болотных микроландшафтов.

Установлено, что различные виды болотной растительности занимают определенное положение относительно среднего многолетнего уровня болотных вод [7]. С подъемом уровня болотных вод увеличивается горизонтальная проточность микроландшафтов и, следовательно, возрастает приток растворенных минеральных компонентов к корневой системе растительности, улучшаются условия питания кустарничков, что приводит к повышению прироста их растительной массы. В то же время, при подъеме уровней выше 20 см, создаются дискомфортные условия для произрастания сосны, вследствие уменьшения кислородного питания.

Разными авторами [6, 8] приводятся различающиеся амплитуды экологического оптимума по глубине болотных вод для сфагновых мхов (табл. 1).

Таблица 1

Амплитуда экологического оптимума по глубине болотных вод для различных видов сфагновых мхов

Виды сфагновых мхов	Уровень болотных вод, см			
	по И. Д. Богдановской-Гиенэф	по Е. А. Романовой	по А. А. Гребенщиковой	по К. Е. Иванову
<i>Sph. fuscum</i>	-25	-21 ÷ -45	-23 ÷ -37	-25 ÷ -37
<i>Sph. magellanicum</i>	-5 ÷ -24	-20 ÷ -39	-14 ÷ -31	-5 ÷ -25
<i>Sph. subsecundum</i>	-	-	-	-5 ÷ -10
<i>Sph. angustifolium</i>	-7 ÷ -39	-11 ÷ -21	-5 ÷ -10	-
<i>Sph. balticum</i>	-2 ÷ -12	-2 ÷ -11	-	-
<i>Sph. Dusenii</i>	3 ÷ -7	2 ÷ 8	-1 ÷ -4	-
<i>Sph. cuspidatum</i>	4 ÷ -2	-	0 ÷ -1	-

Анализ данных из таблицы позволяет предположить, что при подъеме уровня болотных вод в вегетационный период (например, болотный массив Ламмин-Суо) в фитоценозах моховых формаций центральных частей болотных массивов в настоящее время должен происходить процесс сокращения обильности *Sph. fuscum* и увеличения обильности других видов сфагнов. При падении уровней грунтовых вод (например, болотные массивы Иласский и Ларьянский), наоборот, создаются более комфортные условия для произрастания *Sph. fuscum* и неблагоприятные для остальных перечисленных видов сфагновых мхов.

О влиянии типа болотного ландшафта на уровень болотных вод говорится в работе Е. А. Романовой [2]. Автор отмечает в целом меньшую увлажненность резковыпуклых болотных массивов по сравнению с пологовыпуклыми, что объясняется их генезисом. Однако чем быстрее нарастает моховой покров, тем выше становится уровень болотных вод (поскольку он повышается одновременно с поднятием поверхности болота) и беднее их состав. В результате корневая система сосны может оказаться в условиях постоянной обводненности, содержание кислорода резко уменьшается и деревья задыхаются от его недостатка. Причем установлено, что затопление и недостаток кислорода являются един-

ственными причинами, вызывающими раннюю гибель сосны на болотах, поскольку различные формы болотной сосны хорошо приспособлены к условиям местообитания. Так, в ее корневой системе отсутствует стержневой корень, характерно преимущественно горизонтальное расположение корней на небольшой глубине от поверхности мохового покрова, наличие или отсутствие крупных корней первого порядка, большее или меньшее развитие ветвистых мелких тонких корней, тянущихся вверх от уровня грунтовых вод. Кроме того, болотная сосна обладает чрезвычайной мелкослойностью и плотностью древесины, а так же сильной смолистостью, делающей ее стойкой как против вредителей, так и против разрушающих атмосферных влияний [7].

Процесс изменения видового состава растительного покрова длительный и измеряется десятками и сотнями лет. В настоящее время появляются первые признаки угнетения сосны и развития новых ассоциаций болотной растительности в центральной части болотного массива Ламмин-Суо. К сожалению, мы не имеем данных аналогичных наблюдений по другим болотным массивам России. Однако проведение подобного рода исследований представляется нам важным, поскольку способствует лучшему пониманию процесса функционирования уникальных экосистем, коими являются олиготрофные болотные массивы.

Литература

1. Бахнов В. К. Древнее болотное почвообразование и его роль в развитии биосферы // Болота и заболоченные леса в свете задач устойчивого природопользования: матер. конф. – М.: Гео-ос, 1999. – С. 28–30.
2. Романова Е. А. Геоботанические основы гидрологического изучения верховых болот. – Л.: Гидрометеиздат, 1961. – 244 с.
3. Наставление гидрометеорологическим станциям и постам. Вып. 8. – Л.: Гидрометеиздат, 1972. – 296 с.
4. Калужный И. Л., Романюк К. Д. Динамика гидрологического режима заказника «Болота Ламмин-Суо», обусловленная изменением климата Северо-Западного региона РФ // Территориальные проблемы охраны природы: докл. Третьей межд. конф. «Особо охраняемые природные территории». – СПб., 2008. – С. 109–115.
5. Романюк К. Д. Мониторинг изменения гидрологического режима болот под влиянием изменений климата (на примере болот севера и северо-запада ЕТР) // VIII Сибирское совещание по климато-экологическому мониторингу: матер. рос. конф. – Томск: Аграф-Пресс, 2009. – С. 277–279.
6. Иванов К. Е. Водобмен в болотных ландшафтах. – Л.: Гидрометеиздат, 1975. – 280 с.
7. Калужный И. Л., Лавров С. А. Сезонная эмиссия двуокиси углерода в засушливый год на олиготрофном болотном массиве северо-запада России // Метеорология и гидрология – 2005. – №10. – С. 81–93.
8. Романова Е. А. О связи между растительностью, верхними слоями торфяной залежи и водным режимом верховых болот Северо-Запада // Труды ГГИ. Вопросы гидрологии болот. – Вып. 89. – Л.: Гидрометеиздат, 1960. – С. 92–122.

THE IMPACT OF CHANGING WATER REGIME OF OLIGOTROPHIC SWAMPS IN THEIR ECOSYSTEMS

K. D. Romanyuk

There is siting the data on changes in water regime oligotrophic swamps (example swamps of the North and North-West regions of European part of Russia) and there is showing the impact of these changes on the wetland plant communities.

ХАРАКТЕРИСТИКА ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА ТОРФОВ ГОРНОГО АЛТАЯ**А. В. Савельева*, Г. В. Ларина****

*Институт химии нефти СО РАН, Томск, anna@ips.tsc.ru

**Горно-Алтайский государственный университет, Республика Алтай, г. Горно-Алтайск, knh@gasu.ru

На основании проведенных исследований дана характеристика органического вещества торфов бассейна р. Союзар. Показано что отличительной особенностью состава исследованных торфов является высокое содержание водорастворимых и легкогидролизуемых компонентов. Согласно данным элементного анализа и ИК-спектроскопии гуминовые кислоты торфов обладают высокой конденсированностью макромолекул, насыщенных кислородсодержащими группами.

В настоящее время важным направлением развития экономики Горного Алтая является разработка сырьевой базы, в том числе торфяных ресурсов. Однако торфяные ресурсы в Республике Алтай практически не изучены. Наибольшее развитие болотные образования по предварительным оценкам получили на площади Северо-Алтайского поднятия, где они распространены в низкогорной холмистой местности с высотами до 1000 м. Другая возможная территория развития болотных образований связана с северной частью Тигерецко-Теректинского поднятия, где они локализуются в среднегорной местности (высоты до 2000 м) в бассейне р. Коксы и междуречье рек Чарыш и Сема. Кроме того, болотные образования могут быть приурочены к межгорным впадинам Центрально-Алтайского поднятия, характеризующимся преимущественно аккумулятивно-озерным, террасовым и долинным рельефом [1].

Показатели функционирования болотных экосистем, их динамика и тенденция развития определяются процессами образования, трансформации и миграции органических веществ, и непосредственно гуминовых кислот (ГК) как наиболее биохимически устойчивых компонентов.

Целью данной работы является выявление особенностей состава и свойств органического вещества торфов Горного Алтая.

В качестве объектов исследования были выбраны торфа Усть-Коксинского района, расположенные в нижнем течении р. Кокса, и в бассейне р. Союзар, приуроченные к Абайскому болотному массиву, расположенному в межгорных впадинах.

Фракционно-групповой состав ОВ торфов определяли по методу Инсторфа [2]. Гуминовые вещества выделяли из остатка торфа после удаления водорастворимых (ВР) и легкогидролизуемых компонентов (ЛГ), обрабатывая его 0,1 н. NaOH. Гуминовые кислоты в щелочном растворе осаждали 4 % HCl. Элементный состав образцов определяли методом сжигения: С, Н, N – на анализаторе «Carlo Erba Strumentazione», модель 1106 (производство Италия); содержание кислорода определяли по разности; количество золы определяли по ГОСТ 11306–83. Методом инфракрасной спектроскопией была дана качественная [3] и количественная [4] характеристики ГК. Регистрацию спектров проводили на ИК-фурье-спектрометре Vector-22 фирмы Bruker (производство Германия). Анализ образцов проводили по методу прессования с KBr в соотношении 1:300 соответственно.

Современные отложения Абайской котловины представлены торфами, которые залегают в центре и юго-восточной части болотного массива на аллювиальных отложениях. Мощность торфяного горизонта колеблется от 0,8 до 1,5 м. Аналогичные по происхождению, но меньшие по размеру, болота имеются в бассейне реки Союзар. Исследованные торфа относятся к низинному типу с высокой зольностью. Так зольность торфов, залегающих в бассейне р. Союзар, изменяется от 32 до 40,5 мас %, исключение составляют торфа

в т. 61 – 12,2 мас %. Зольность Абайского торфа составляет 32,5 мас %. Степень разложения торфов варьирует от 30 до 55 мас %.

В таблице 1 приведен групповой состав исследованных торфов. Проведенные исследования показали, что отличительной особенностью состава органического вещества торфов является высокое содержание водорастворимых и легкогидролизуемых компонентов (35,4–40,9 мас %), в торфах т.61 сумма ВР+ЛГ достигает 64,7 мас %. Этот факт связан гидрологическим профилем торфяных залежей.

Таблица 1

Групповой состав гуминовых кислот торфов Усть-Коксинского района

Образец	Глубина залегания	ЛГ+ ВР	Б	ГК	ФК	ТГ	Лигнин
Т.48 Абайское	0–100	35,4	4,3	44,6	5,2	7,0	3,6
Т.61 Соузар	0–10	64,7	0,3	11,0	5,0	14,5	4,6
Т.62 Соузар	0–15	40,8	0,4	17,9	22,3	12,8	5,9
Т.66 Соузар	10–40	40,9	0,9	31,5	4,8	10,2	11,7
Т.66 Соузар	40–50	35,1	0,5	22,0	4,7	16,3	21,5

Примечание: ВР – водорастворимые; ЛГ – легкогидролизуемые; Б – битумы, ГК – гуминовые кислоты, ФК – фульвокислоты, ТГ – трудногидролизуемые.

Содержание битумов в торфах, расположенных в бассейне р. Соузар, невысокое и варьирует в пределах 0,3–0,9 мас %. Торфа Абайского месторождения отличаются высоким содержанием битумов (4,3 мас %) и гуминовых кислот (44,6 мас %).

Специфичность болотной среды Горного Алтая обуславливает формирование структуры и свойств ГК отличной от торфов других регионов. Сведения об элементном составе ГК торфов позволяют получить значительную информацию о принципах построения макромолекул ГК (табл. 2) [5].

Таблица 2

Элементный состав торфов Горного Алтая

Образец	Глубина залегания, см	Элементный состав, мас % на беззольную навеску		Н/С
		С	Н	
Усть-Коксинский район				
Т.48 Абайское	0–100	55,9	6,9	1,49
Т.61 Соузар	0–10	54,0	8,0	1,79
Т.62 Соузар	0–15	56,4	7,3	1,55
Т.66 Соузар	10–40	55,0	6,9	1,59
Т.66 Соузар	40–50	51,9	6,5	1,51

В элементном составе ГК исследованных торфов отмечено повышенное содержание углерода (51,9–56,4 мас %), что свидетельствует о высокой конденсированности макромолекул. Наибольшее содержание углерода отмечено для ГК верхнего слоя торфяного профиля, вероятно, это связано с частичным наносом подвижных форм органических веществ, которые участвуют в дальнейшем процессе гумификации. Данный факт подтверждают данные группового состава (содержание ФК достигает 22,3 мас %). Среднее значение атомного отношения Н/С составляет 1,6. Преобладание массовой доли водорода связано с условиями торфонакопления.

Функциональный состав ГК торфов был изучен с помощью ИК-спектроскопии. По набору полос судили о качественном составе ГК, структуре макромолекул [6], типах связей и атомных группировок, а по степени поглощения – о количестве вещества [7]. Относительное содержание функциональных групп оценивали с помощью расчета оптической плотности по формуле Бугера-Бера [8].

В спектрах ГК были обнаружены интенсивные полосы поглощения при длинах волн 3500–3400, 2920, 2870, 1780–1720, 1625–1610, 1510, 1470–1460, 1380, 1270, 1150, 1070, 730–720 см^{-1} . Среди них полосы в диапазоне 3500–3400 см^{-1} соответствуют гидроксилсодержащим соединениям; 2920, 1460 и 730–720 см^{-1} относятся к длинным метиленовым цепочкам; 2870 см^{-1} – метильным концевым группам; 1780–1720 см^{-1} – карбонилсодержащим соединениям; 1610, 1510 и 1380 см^{-1} – бензоидным структурам ($\text{C}=\text{C}$); 1270 – $\text{C}-\text{O}$ -связям; 1150 – OH -углеводов; 1070 – CO -углеводов (рис. 1).

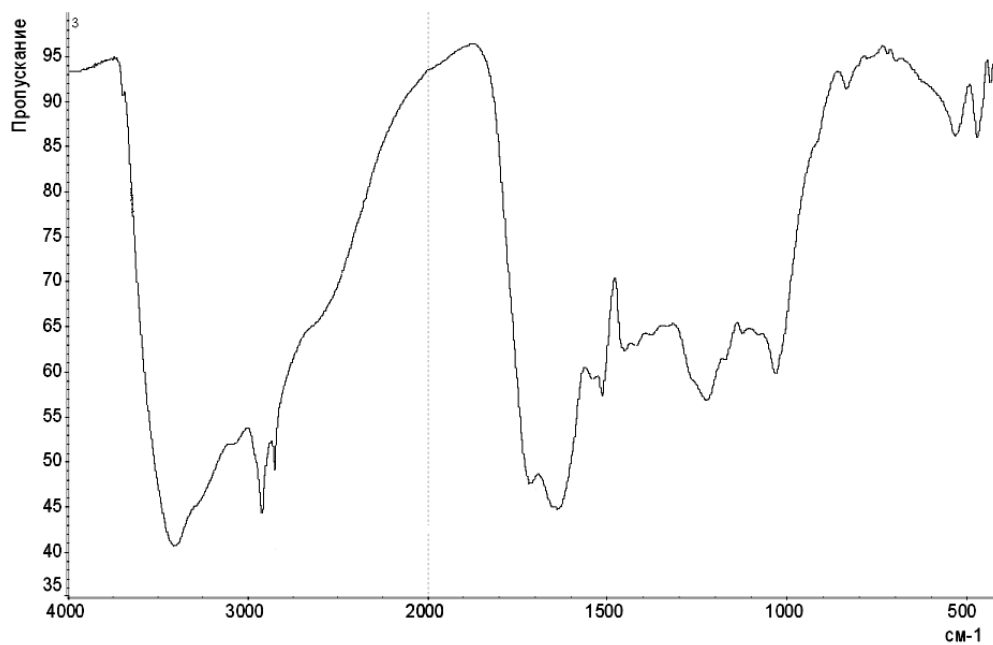


Рис. 1. Инфракрасный спектр гуминовых кислот торфов бассейна р. Соузар

Наиболее информативным является соотношение в молекуле ГК гидрофобной и гидрофильной составляющих [9], поэтому нами были рассчитаны спектральные коэффициенты. В таблице 3 приведено отношение относительных оптических плотностей полос поглощения.

Одной из основных кислородсодержащих форм в ГК торфов являются гидроксильные, карбоксильные группы, $\text{C}-\text{O}$ -связи при 1270 см^{-1} и $\text{CO}-\text{OH}$ -углеводов. Относительное их содержание зависит от степени «зрелости» гуминовых кислот.

Отношение оптических плотностей полос поглощения функциональных кислородсодержащих групп и алкильных заместителей к ароматическим фрагментам показало преобладание последних над алкильными (2920 см^{-1}) и $\text{C}-\text{O}$ связей (1250 см^{-1}).

Таблица 3

Спектральные коэффициенты гуминовых кислот по данным ИК-спектроскопии

Образец	Глубина залегания, см	$\text{OH}_{3400} / \text{C}=\text{C}_{1610}$	$\text{Салк}_{2920} / \text{C}=\text{C}_{1610}$	$\text{C}=\text{O}_{1720} / \text{C}=\text{C}_{1610}$	$\text{C}=\text{O}_{1270} / \text{C}=\text{C}_{1610}$	$\text{CO}_{1030} / \text{C}=\text{C}_{1610}$
Т.48 Абайское	0–100	1,09	1,02	3,81	0,65	0,71
Т.61 Соузар	0–10	1,11	0,96	0,88	0,72	0,92
Т.62 Соузар	0–15	1,13	0,91	0,88	0,71	0,65
Т.66 Соузар	10–40	1,12	1,02	0,92	0,69	0,69
Т.66 Соузар	40–50	1,16	0,94	0,87	0,55	1,16

Относительное количество гидроксильных групп (D_{3400}/D_{1610}) в ГК торфов больше 1, что свидетельствует о высоком обогащении ГК гидроксильными группами. Содержание

СО-группы углеводов (D_{1030}/D_{1610}) в макромолекулах ГК большинства торфов колеблется в пределах 0,69–0,92, с увеличением глубины залегания коэффициент больше 1. Очевидно, объяснить этот факт можно результатом микробиологической деятельности, активно протекающей в торфяном профиле. Кроме того, в условиях торфяного профиля под действием ферментов и микроорганизмов происходит дегидратация и циклизация с образованием ароматических соединений [10]. Доля карбоксильных групп в ГК торфов, (D_{1720}/D_{1610}) колеблется в пределах 0,87–0,92, исключение составляют ГК торфа Абайского месторождения, коэффициент больше 3.

В заключении следует отметить, что специфика профиля торфов бассейна р. Соузар влияет на состав ОВ и непосредственно на структуру ГК. Торфа Горного Алтая обогащены водорастворимыми и легкогидролизуемыми компонентами. Показано, что отличительной особенностью ГК исследованных торфов является их обогащенность гидроксильными группами и алкильными заместителями.

Литература

1. Ларина Г. В., Иванов А. А., Казанцева Н. А.. Групповой состав органического вещества торфов Горного Алтая и некоторые структурные характеристики гуминовых кислот // Вестник ТГПУ. – 2009. – Вып. 3 (81). – С. 110.
2. Лиштван И. И., Король Н. Т. Основные свойства торфа и методы их определения. – Минск, 1975. – 320с.
3. Орлов Д. С. Гумусовые кислоты почв и общая теория гумификации. – М.: Наука, 1990. – 325 с.
4. Караванова Е. И. Оптические свойства почвы и их природа. – М.: Наука, 2003. – 151с.
5. Лиштван И. И., Базин Е. Т., Гамаюнов Н. И., Терентьев А. А. // Физика и химия торфа. – М.: Недра, 1989. – 303 с.
6. Юркевич Е. А. Методы получения инфракрасных спектров некоторых компонентов торфа // Химия твердого топлива. – 1970. – №6. – С. 36–38.
7. Камнева А. И., Бакирова Е. В., Павлоцкая З.В. О связи с гуминовыми кислотами в бурых углях Бородинского месторождения // Химия твердого топлива. – 1972. – №3. – С. 33–36.
8. Бабушкин А. А., Бажулин П. А., Королев Ф. А., Левшин Л. В., Прокофьев В. К., Стриганов А. Р. Методы спектрального анализа. – М.: Изд-во МГУ, 1962. – 509 с.
9. Федорова Т. Е. Количественная спектроскопия ЯМР13С-17О и физиологическая активность гуминовых кислот: Автореф. ... канд. хим. наук. – Иркутск, 2000. – 23 с.
10. Раковский В. Е., Пигулевская Л. В. Химия и генезис торфа. – М.: Недра, 1978. – 231 с.

THE CHARACTERISTIC OF ORGANIC SUBSTANCE OF GORNYI ALTAY PEATS

A. V. Savelyeva, G. V. Larina

The conducted research enabled us to characterize organic matter in peats occurring in the River Souzar basin. A high content of water-soluble and readily hydrolysable components was shown to be a distinctive feature of peat compositions under study. According to the data of elemental analysis and IR-spectroscopy humic acids in peats, saturated with oxygen-containing groups, exhibit high condensation of macromolecules.

СТРОЕНИЕ ТОРФЯНОЙ ЗАЛЕЖИ КЛЮЧЕВЫХ БОЛОТ КЕНОЗЕРСКОГО НАЦИОНАЛЬНОГО ПАРКА (АРХАНГЕЛЬСКАЯ ОБЛАСТЬ)

В. А. Смагин, О. В. Галанина, В. П. Денисенков

Ботанический институт им. В. Л. Комарова РАН;
Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, amgalan@list.ru

Проведено исследование состава и строения торфяной залежи ключевых болот юго-западной части Архангельской области. Выяснено, что они могут образовываться как путем заболачивания суходолов, так и в результате зарастания водоемов, питаемых ключевыми водами.

Западная часть Кенозерского парка, примыкающая к границе с Карелией, характеризуется расчлененным рельефом с высокими моренными грядами и глубоко врезаемыми понижениями между ними, часть из которых занята болотами, по большей части ключевого питания. Для многих из них характерна наклонная поверхность, повторяющая уклон дна занимаемой болотом ложбины.

Среди них встречаются как открытые, так и лесные болота. Торфяная залежь была исследована на 3 болотах. Первое – полностью евтрофное, осоково-гипновое, имеющее наклонную поверхность. Второе – с ровной поверхностью, на одной части площади лесное, на другой части открытое; с центром, представляющим собой евтрофный островково-топяной комплекс; с одного края занятое сообществами олиготрофной растительности. Третье – с лесным участком в центральной части.

Исследование торфяной залежи проводилось методом профилей, пересекающих болото от окраинных частей к центру. Бурения выполнялись в разных частях профиля. Образцы торфа брались через 25 см, в случае визуального обнаружения разностей торфа меньшего масштаба или границ в залегании его слоев, не соответствующих принятым грациям забора проб, образцы отбирались более детально, в соответствии с обнаруженными разностями. Определение растительных остатков в торфе проводилось до вида для сосудистых растений и, по большей части, до рода для мхов.

На склоновом ключевом болоте в верхней части склона мощность торфяной залежи достигает 3,5 м. Нижний полуметровый слой сложен древесным сильно разложенным торфом (степень разложения 50 %), в котором преобладают остатки коры ели. Над ним, до глубины 2,25 м залегает травяно-древесный торф. Выше вся верхняя половина залежи состоит из низинного осокового торфа. Степень разложения этого торфа по всей глубине залежи составляет 30–35 % (рис. 1).

В средней части склона мощность торфяной залежи достигает пяти метров. Нижние 0,75 метров сложены гипновым и гипново-осоковым низинными торфами со степенью разложения – 25 %. Слои залежи, залегающие с глубины 3,0 м до глубины 4,25 м, состоят из древесно-осокового и древесного низинного торфов, имеющих степень разложения 40 % (рис. 2).

Начиная с глубины 2,75 м, и до верхнего полуметрового слоя торфяная залежь образована осоковым низинным торфом, с прослойкой осоково-гипнового. Степень разложения его 30 %. Преобладают остатки *Carex diandra*. Их также много обнаруживается в верхнем полуметровом слое залежи, состоящем из пушицево-осокового низинного торфа.

На топяном участке подножья склона торфяная залежь имеет мощность 4,6 м. (рис. 3). Нижние слои залежи, начиная с глубины 3 м, слагает гипновый низинный торф, средние слои (1,25–3,0 м.) – осоково-гипновый. Верхний метровый слой залежи состоит из осокового низинного торфа. Степень разложения торфа по всей глубине залежи 25–30 %.

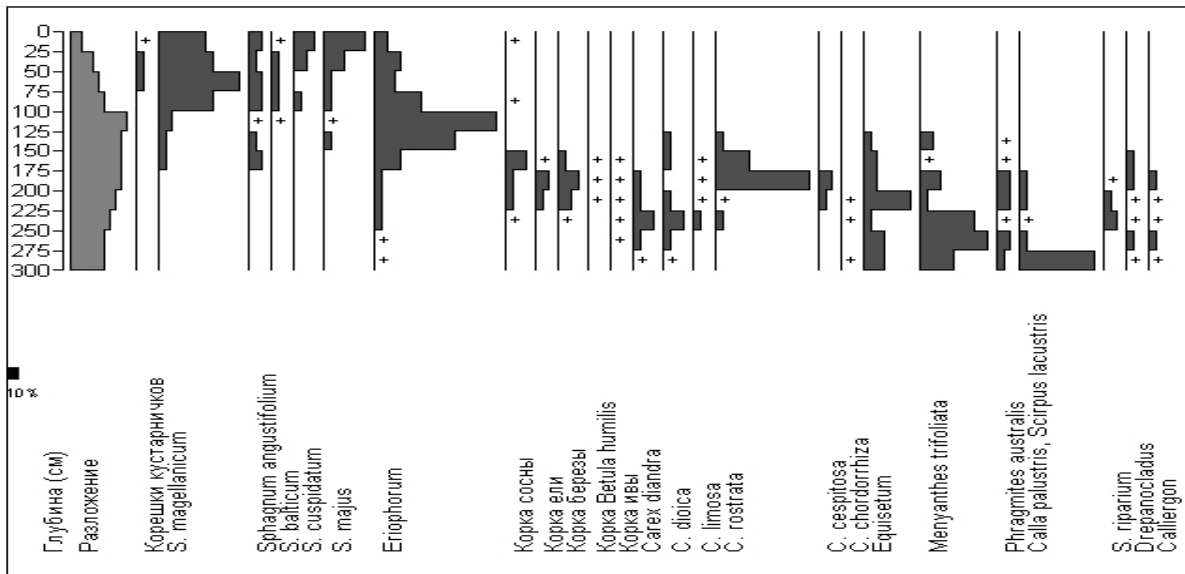


Рис. 1. Ботанический состав торфяной залежи в верхней части склона болота №1

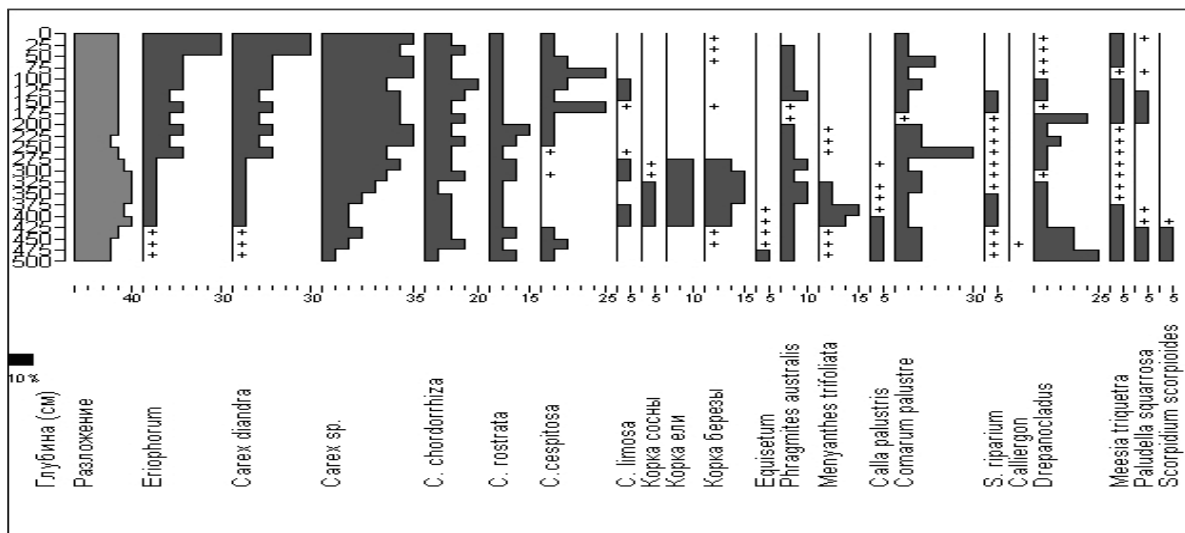


Рис. 2. Ботанический состав торфяной залежи в средней части склона болота №1

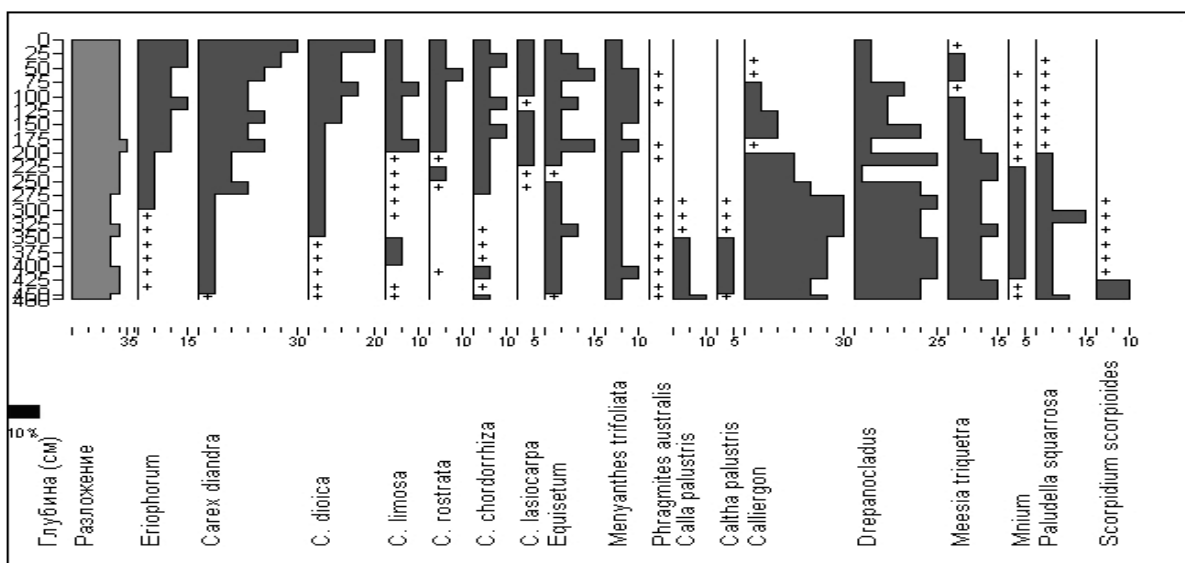


Рис. 3. Ботанический состав торфяной залежи в нижней части склона болота №1

Такое строение и состав торфяной залежи позволяют сделать вывод о том, что это болото имеет суходольное происхождение. Оно образовалось в наклонной ложбине в месте выклинивания на поверхность грунтовых вод. Первоначально оно было травяно-гипновым с луговыми травами, остатки которых не сохранились. Участок подножья склона на протяжении всего существования болота был покрыт травяно-гипновой растительностью.

Далее, по мере развития болота, в его растительном покрове все большую роль стали играть осоки, и, прежде всего, *Carex diandra*. Склоновый участок болота на длительный период становился лесным болотом с древесным ярусом из ели и березы. Верхняя часть склона болота ранее была занята сырым лесом, заболотившимся и превратившимся в лесное болото по мере накопления торфа на нижней части склона, нарастания на нем торфяной залежи и подъема уровня внутризалежных вод. Стадия существования лесного болота на этом участке была длительной, и лишь много позднее оно уступило место открытому осоково-гипновому болоту. Образовавшийся во многих местах склона сфагновый моховой ярус из *Sphagnum warnstorffii* никак не отражен в составе торфяной залежи, что может быть объяснено самым недавним его возникновением.

На наиболее крупном болоте с ровной поверхностью бурение проводилось на профиле, заложенном от южного, олиготрофного края к центру, через лесную часть болота в северной половине массива. Мощность торфяной залежи в центре болота достигает 5 метров, далее залегает сапропель (рис. 4). Состоит она исключительно из низинных видов торфа. Нижние 40 см. залежи состоят из осоково-гипнового торфа. Слои на глубине 3,5–4,5 м слагает гипновый торф, сменяемый выше по скважине бурения сначала прослойками осоково-гипнового и березово-гипнового торфа, древесно-осоковым торфом с преобладанием остатков березы. Из него состоит средняя часть залежи с глубины 2 до 2,75 м. Верхняя часть залежи сложена осоковым торфом, лишь на глубине 0,75–1,1 м. залегает сфагново-осоковый торф. Степень разложения торфа по всей глубине залежи – 25–30 %.

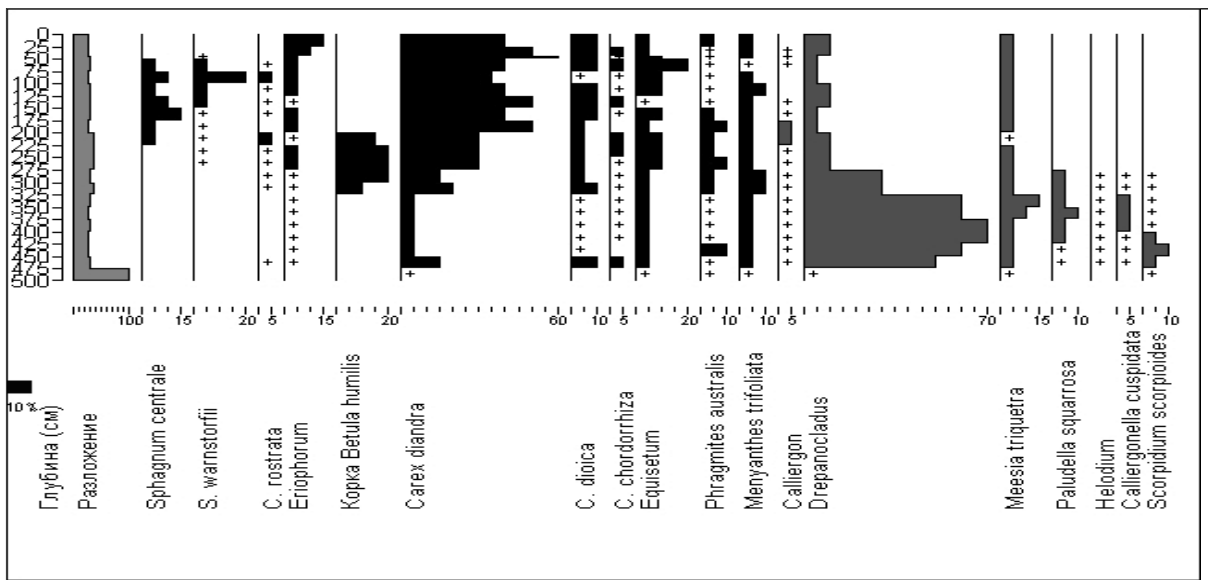


Рис. 4. Ботанический состав торфяной залежи в центральной части склона болота №2.

В прибрежной олиготрофной полосе торфяная залежь мощностью 3 м, состоит из низинного, переходного и верхового торфа (рис. 5). Эта часть болота давно перешла на верховую стадию развития, слои верхового торфа слагают верхние 1,25 м. Поверхностный полуметровый слой состоит из комплексного верхового торфа, в котором преобладают остатки видов сфагновых мхов разной экологии (*Sphagnum cuspidatum*, *S. majus*, *S. magel-*

lanicum) и пушицы. Далее вниз следуют слои магелланикум торфа, пушицево-сфагнового (с преобладанием остатков *Sphagnum magellanicum*), пушицевого. С глубины 1,25 м пушицевый верховой торф сменяется пушицевым переходным. Под ним лежит 25-сантиметровый слой переходного древесно-травяного торфа с преобладанием остатков березы. Он подстиляется полуметровым слоем (1,75–2,25 м) древесно-травяного низинного торфа, в котором, наряду с остатками березы становятся заметными остатки ели. С глубины 2,25 м до 2,8 м залегают слои осоково-вахтового, вахтово-осокового и вахтового низинного торфов. Придонный слой состоит из водно-травяного низинного торфа, в котором преобладают остатки *Calla palustris* и *Typha latifolia*.

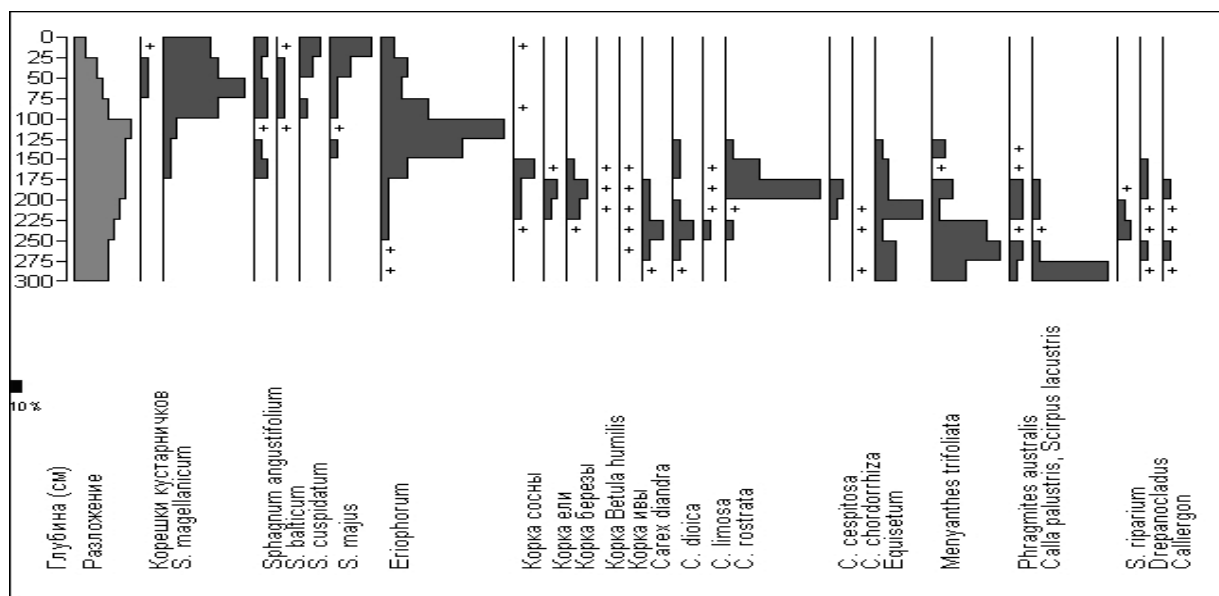


Рис. 5. Ботанический состав торфяной залежи в окраинной олиготрофной части болота №2

На участке переходного болота, разделяющем евтрофную и олиготрофную части, мощность торфяной залежи достигает 4,25 м. Она подстиляется слоем сапропеля с остатками водорослей. Верхняя треть залежи до глубины 1,75 состоит из переходного торфа. Верхние полметра сложены пушицево-сфагновым переходным торфом. Нижняя часть залежи, с глубины 2,5 м образована низинным осоково-тростниковым торфом.

Мощность торфяной залежи на участке занятом заболоченным ельником вблизи северного края равна 4,5 м (рис. 6). С верхнего слоя до глубины 3,5 м она состоит из древесного низинного торфа с преобладанием остатков ели. Осоково-гипновый торф слагает нижние полметра залежи, отделяемые от древесного, 25-сантиметровой прослойкой сфагнового низинного торфа состоящего из остатков *Sphagnum riparium*.

Это болото, по крайней мере, на большей части площади своей котловины, образовалось на месте водоема. Водоем дольше всего сохранялся в южной части котловины. Заболачивание здесь началось позже. Остатки прибрежно-водной растительности здесь располагаются на той глубине, где в остальных частях болота уже отложился значительный слой гипнового торфа. Сфагновый покров на большей части болота образовался очень недавно.

Торфяная залежь на третьем болоте исследовалась с меньшей детальностью. Было пробурено лишь скважина в центральной части, занятой разреженным болотным сосняком травяно-сфагновым с доминированием *Sphagnum warnstorffii*. Здесь мощность торфяной залежи, достигает 5 м. Она состоит из низинного торфа, верхние слои слагает сфагновый (0,25 м) и осоково-сфагновый (0,25–0,75 м) торф. Далее до глубины 4,25 м следует

низинный осоковый торф с преобладанием *Carex diandra*. Ниже лежит 25-сантиметровая прослойка осоково-гипнового торфа, за которой следует слой придонного гипнового торфа (рис. 7).

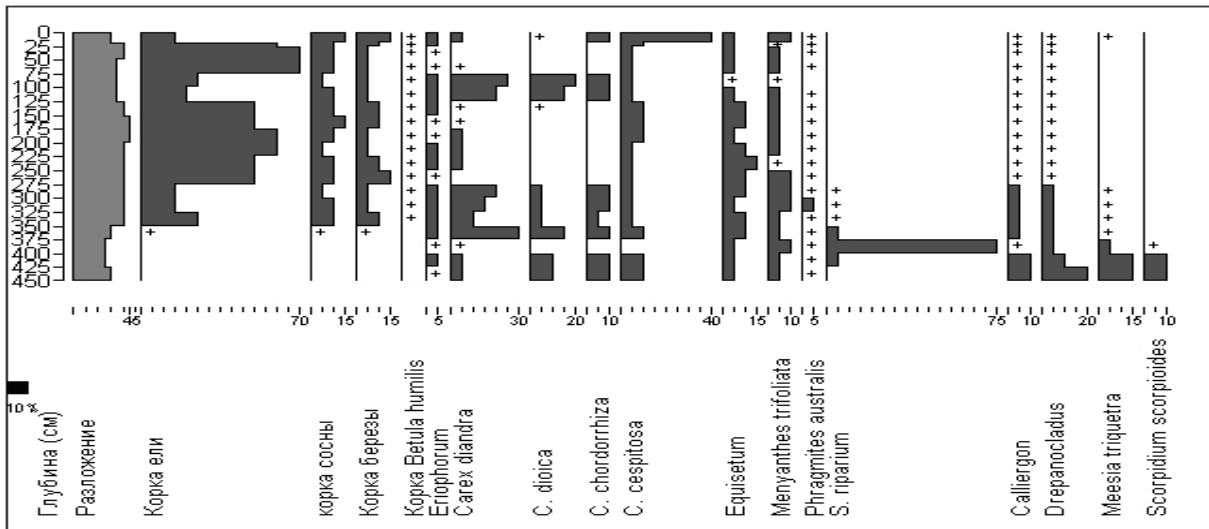


Рис. 6. Ботанический состав торфяной залежи на участке лесного болота № 2

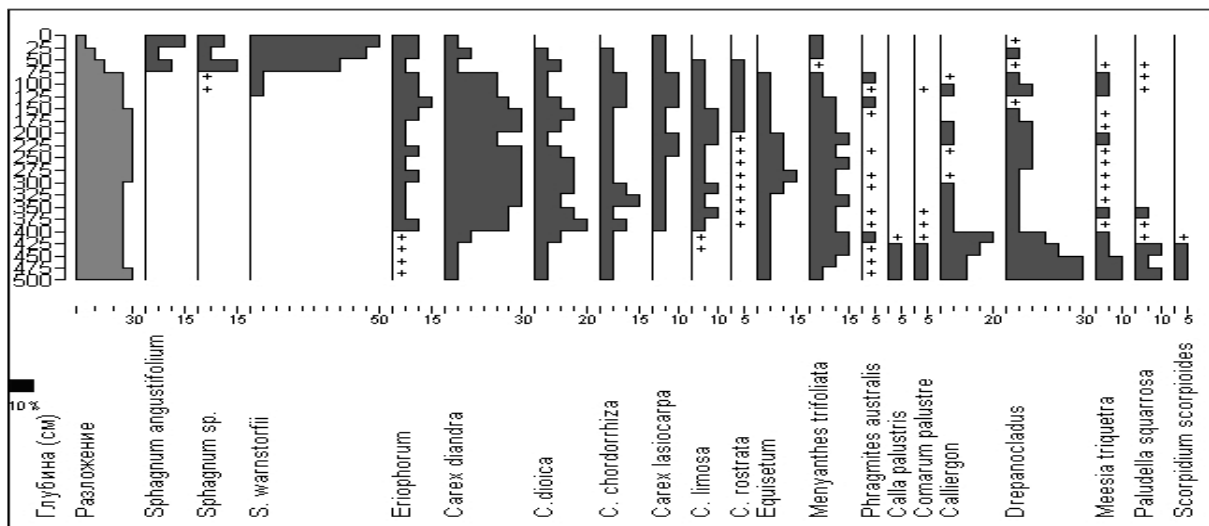


Рис. 7. Ботанический состав торфяной залежи в центре болота № 3

Проведенные исследования позволяют сделать следующие выводы:

1. Евтрофные болота богатого минерального питания, также как и болота других типов, могут образоваться как путем суходольного заболачивания, так и путем зарастания малых озер.
2. Растительность евтрофных болот отличается стабильностью во времени. Характерные для них травяные сообщества с преобладанием осоки двутычинковой, судя по составу торфяной залежи, произрастали на протяжении длительного времени их существования. Наблюдалась лишь их обратимая динамика с сообществами лесных болот. Видовой состав растительных остатков в торфяной залежи по большей части совпадает с составом современной растительности.
3. Гипновые торфа характерны для ранних стадий развития болот. На начальных стадиях развития ключевых болот в травяном ярусе часто присутствуют виды, остатки которых не сохраняются в торфе.

4. Появление характерной для многих современных евтрофных болот травяно-сфагнувой и древесно-сфагнувой растительности произошло лишь в недавнее время.

THE STRUCTURE OF EXTREMELY RICH FENS PEAT DEPOSITS OF THE KENOSERSKY NATIONAL PARK (ARCHANGELS REGION)

V. A. Smagin, O. V. Galanina, V. P. Denisenkov

Mires of the Kenozersky national park in Arkhangelsk region, Russia have been investigated recently. Special attention was paid to the eutrophic mires with a ground water effect. Detailed studies of vegetation structure, floristic composition of plant communities and peat deposits of three rich fens were done in summer 2008.

Peat coring and recording of vegetation relevés were made along the profiles. Results of peat deposit analyses as well as obtained data on present plant communities give as valuable knowledge on vegetation dynamic.

ФОТОПРОЦЕССЫ В ВОДНЫХ СРЕДАХ С УЧАСТИЕМ ГУМИНОВЫХ ВЕЩЕСТВ¹**И. В. Соколова, О. Н. Чайковская, Л. В. Нечаев**

Томский государственный университет, sokolova@phys.tsu.ru

На основании данных об изменении физико-химических свойств гуминовых и фульвокислот под воздействием источников света с различными характеристиками показано, какие фотохимические процессы происходят в водных средах с участием гуминовых веществ.

Введение

Гуминовые вещества (ГВ) практически всегда присутствуют в природных водах, а особенно много их в болотных водах. Время жизни таких веществ исчисляется сотнями и тысячами лет. Они окрашивают почвы, речные и болотные воды в коричневый цвет; образуются они за счет разложения органических остатков, благодаря чему синтезируются многочисленные продукты случайных реакций. Естественный отбор наиболее устойчивых продуктов и определяет их чрезвычайно сложную структуру. Болотные воды имеют ряд специфических особенностей: они в значительной степени обогащены органическим веществом гумусовой природы, почти не содержат растворенного кислорода, имеют низкую минерализацию. Болотные воды по окислительно-восстановительным условиям представляют собой неравновесную систему, для которой характерны ассоциации окислителей (O_2 , Fe^{3+}) и восстановителей (растворенные гуминовые кислоты и Fe^{2+}). Наличие большого количества ГВ специфической природы объясняет отсутствие в болотных водах баланса между катионной и анионной составляющими.

Гуминовые вещества выполняют в биосфере множество важных функций: аккумулятивную, транспортную, регуляторную, протекторную, физиологическую и ряд других [1]. ГВ – одна из наиболее сложных для изучения групп природных соединений и их многочисленные функции изучены еще недостаточно. Известно, что данные органические вещества в значительной степени компенсируют отрицательный эффект антропогенного воздействия [2], в качестве примера можно упомянуть снижение содержания подвижных форм некоторых тяжелых металлов [3], а также регуляцию влияния кислых атмосферных осадков [4]. В то же время, как показывают данные лазерно-индуцированной флуоресценции [5], некоторое количество гуминовых и фульвокислот (ФК) присутствует даже в очищенной водопроводной воде. ГВ действуют многообразно: как сорбенты, как катализаторы на процессы гидролиза, как солибилизирующие агенты, влияют на микробиологические процессы, выступают как фотосенсибилизаторы и тушители [6].

Гуминовые вещества, являющиеся наиболее широко распространенным органическим материалом на нашей планете, имеют нерегулярную структуру, которая до сих пор точно неизвестна [7]. Гуминовые кислоты (важнейшая фракция ГВ) – это ароматические оксикарбоновые кислоты, в которых конденсированные ароматические ядра, включающие кислород, азот и серу, имеют боковые цепи и функциональные группы и соединены между собой ослабленными связями (участками неароматического характера). Лабильная структура гуминовых кислот (ГК), включающая линейные полисопряженные фрагменты, стабилизируется межмолекулярными взаимодействиями (ММВ). Именно этими особенностями, обуславливающими способность к саморегулированию и стабилизации структуры, объясняются представления о том, что гуминовые вещества относятся к микрогетерогенным термодинамическим системам и в определенных условиях регулируются

¹ Работа выполнена при финансовой поддержке Федеральной целевой программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009–2013 годы, мероприятие 1.2.1; ГК от 27.08.2009 г. № П1128 и НШ-4297.2010.2.

окружающей средой, поэтому смесь природных ГК, включающая очень реакционные компоненты, может быть устойчива в течение длительного времени. Очевидно, в стабилизации ГК существенную роль играют ММВ, обусловленные наличием полярных групп и особенностями углерод-углеродных связей в циклах и линейных структурах.

О структуре гуминовых веществ. Более ранние представления о строении ГВ связаны с наукой о полимерах и предполагают, что они являются произвольным образом расположенными в пространстве макромолекулами, которые имеют протяженную структуру в основных растворах и свернутую форму в растворах кислых [8]. Однако многие данные, полученные спектральными методами, пиролизом, исследованиями с помощью микроскопов находились в противоречии с «полимерной моделью» строения ГВ. С развитием супрамолекулярной химии [9] ее идеи стали проникать и в представления о структуре ГВ. Супрамолекулярная химия все больше привлекает ученых из разных стран своей междисциплинарной широтой и объединяющим потенциалом. Было высказано предположение и о супрамолекулярной структуре ГВ, в которой относительно небольшие молекулы разнообразной природы и химического строения удерживаются вместе водородными связями (Н-связи) и гидрофобными взаимодействиями [10]. Такие представления подтверждаются современными хроматографическими исследованиями и данными по тушению флуоресценции [11, 12]. Пикколо [10] полагает, что с учетом концепции о супрамолекулярных ассоциатах требуют пересмотра и классические определения ГК и ФК. Фульвокислоты могут быть представлены как ассоциаты малых гидрофильных молекул, в которых имеется достаточно кислотных функциональных групп, чтобы сохранять фульвокластеры в растворе при любых значениях рН. В составе ассоциатов ГК содержатся главным образом гидрофобные соединения (полиметиновые цепочки, жирные кислоты, стероидные соединения), которые стабилизируются при нейтральных значениях рН гидрофобными дисперсионными силами (вандерваальсовы, π - π и СН- π взаимодействия). Размеры ассоциатов возрастают при низких значениях рН за счет увеличения образования межмолекулярных водородных связей.

Фотохимические свойства гуминовых веществ. Световое воздействие, однако, может нарушить эту природную стабилизацию гуминовых веществ и привести к различным типам эффективных взаимодействий ГВ с окружением, в том числе и с ксенобиотиками, присутствующими в водных средах. Присутствие ГК в таких средах приводит к эффективному поглощению световой энергии, в результате чего происходят многочисленные фотофизические и фотохимические процессы [13]. Фотохимические свойства ГК изучены мало, хотя и известно, что они могут поглощать свет и переносить световую энергию к другим компонентам водных растворов, в ряде случаев сильно влияя на фотолиз экотоксикантов [14]. Исследование фундаментальных закономерностей фотопревращений гуминовых кислот в водных средах (в том числе в присутствии экотоксикантов различного строения) чрезвычайно актуально, так как позволяет выяснить влияние оптических излучений естественного и техногенного происхождения на биосистемы.

Фотопроцессы в водных средах с участием гуминовых веществ. Сложная, и во многих случаях являющаяся предметом дискуссий, структура ГК может приводить к зависимости фотопревращений с их участием от характеристик используемого источника. Использование импульсных лазерных источников излучения позволяет селективно возбуждать определенные электронные состояния изучаемых соединений и изменять длительность импульса возбуждения [15]. К недостаткам лазерных источников излучения следует отнести сложность техники, что приводит к большим эксплуатационным затратам и требует высокой квалификации обслуживающего персонала. Как для научных исследований, так и для промышленного использования требуются простые и надежные источники облучения с большим ресурсом работы. Такими источниками являются эксци-

лампы, которые, имея узкий спектр излучения, так же как и эксиплексные лазеры позволяют селективно возбуждать исследуемые молекулы [16]. Эксилампы начинают все шире использоваться в научных и прикладных целях, в том числе и в задачах, связанных с охраной окружающей среды [17]. Появление и развитие эксиламп - пример впечатляющего прорыва в создании и применении новых люминесцентных источников света.

В качестве источников излучения для фотохимических исследований нами использовались: 1) ртутная лампа; 2) импульсная эксиплексная лампа барьерного разряда на рабочих молекулах KrCl^* с параметрами $\lambda_{\text{изл}} \sim 222$ нм, $\Delta\lambda = 5-10$ нм, $W_{\text{пик}} = 18$ мВт/см², $f = 200$ кГц, длительность импульса 1 мкс; 3) импульсная эксиплексная лампа барьерного разряда на рабочих молекулах XeBr^* с $\lambda_{\text{изл}} \sim 283$ нм; 4) импульсная эксиплексная лампа барьерного разряда на рабочих молекулах XeCl^* с $\lambda_{\text{изл}} \sim 308$ нм. Облучение проводили при комнатной температуре в кварцевой кювете с длиной оптического пути 1 см на расстоянии $1 \div 10$ см. Время облучения лампами составляло 1–32 мин, что соответствует энергии от 0,1 до 10 Дж/см². Для оптимальной работы ламп использовали воздушное охлаждение. Электронные спектры поглощения и флуоресценции растворов до и после УФ-облучения регистрировались на спектрофотометре «UV-Vis Spectrometry UNICAM (Thermo Evolution 60, США)» и спектрофлуориметрах CM2003 (Беларусь) и «Cary Eclipse» (Varian, Австралия).

В спектрах поглощения водных растворов нитрофенолов наибольшие изменения зафиксированы при УФ-облучении эксилампой KrCl^* ($\lambda_{\text{изл}} = 222$ нм). По данным хромато-масс-спектрометрии УФ-облучение KrCl^* лампой водного раствора 4-нитрофенола ($C = 2 \cdot 10^{-3}$ М) в течение 30 и 60 мин ($0,6-1,2$ Дж/см²) приводило к убыли исходного соединения на 25 и 29 % соответственно. При облучении водного раствора 2,5-динитрофенола в течение 30 и 60 мин содержание токсиканта снижалось на 33 и 40 % соответственно. Добавление же гуминовых кислот при концентрации 0,01 г/л в 0,1 н NaOH ускоряет процесс фотолиза нитрофенолов (рис. 1). Показано, что при добавления в водный раствор нитрофенолов ГК наблюдается образование комплекса между ними, при этом токсичность среды снижается [18].

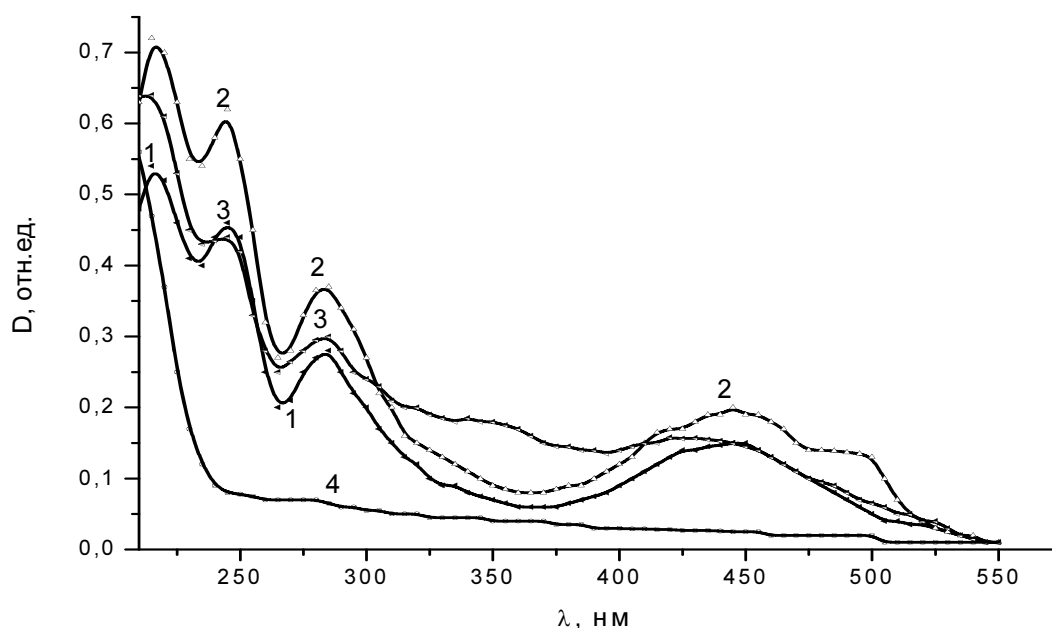


Рис. 1. Спектры поглощения динитрофенола ($5 \cdot 10^{-5}$ М) в воде (1) в присутствии ГК (0,01 г/л) (2) после УФ-облучения KrCl^* лампой (мин): 3–15; 4–30

Широкое применение гербицидов в сельскохозяйственном производстве привело к значительному загрязнению ими биосферы [19]. Изменения в спектрах поглощения гербицида 2-метил-4-хлорфеноксиксусной кислоты (МСПА) при увеличении концентрации ГК указывает на то, что взаимодействие МСПА с ГК происходит также за счет образования комплексов. При изучении фотолиза гербицида анализ хроматографических данных, полученных на приборе «Finnigan» (модель *Trace DSQ*, США), показал, что в присутствии ГК (10 мг/л) под действием УФ-излучения в течение 60 мин растворов МСПА ($2 \cdot 10^{-3}$ М) происходит полная трансформация исходного токсиканта и снижение концентрации фотопродуктов как под действием ХеВr* эксилампы, так и КrCl* эксилампы (табл. 1) [20]. Кроме того, в присутствии ГК снижалась концентрация фотопродуктов как при облучении КrCl*, так и ХеВr*-эксилампой.

Таблица 1

Высота пиков фотопродуктов при воздействии эксилампами на водный раствор МСПА ($2 \cdot 10^{-3}$ М) в присутствии ГК (млн. усл. ед.) по данным хромато-масс спектрометрии

Соединение	КrCl*-эксилампа		ХеВr*-эксилампа	
	без ГК	10 мг/л ГК	без ГК	10 мг/л ГК
2-метил-1,4-бензохинон	4	0,9	4	3,9
2-метилфенол	10	1,4	10,8	7,1
2-метил-6-хлорфенол	0,8	0,5	–	2,26
2-метил-4 хлорфенол	61	1,9	4,6	1,4
2-метил гидрохинон	33	1,2	31,4	24,8
6-хлор-3-хроманон	61	4,6	25,1	13,1
фотопродукт (R=12,75)	12	–	17	5,3

Заключение

Изучение фотохимических свойств гуминовых кислот позволяет предположить, что их сложное влияние (фотосенсибилизация и фотостабилизация) на фотопроцессы с участием экотоксикантов связано как со сложной структурой этих соединений, обусловленной различными типами ММВ, так и свойствами триплетных состояний этих важнейших природных соединений [21]. Следует также подчеркнуть перспективность применения новых источников некогерентного излучения для изучения фотохимических свойств гуминовых веществ, позволяющих выяснить зависимость наблюдаемых фотопроцессов от характеристик используемых источников.

Литература

- Орлов Д. С. Гуминовые вещества в биосфере // Сорос. образ. журнал. – 1997. – № 2. – С. 56–63.
- Чуков С. Н. Структурно-функциональные параметры органического вещества почв в условиях антропогенного воздействия. – СПб.: Изд. С.-Петербург. ун-та, 2001. – 216 с.
- Жилин Д. М., Перминова И. В. Ртуть в водоемах: превращения и токсичность // Природа. – 2000. – № 11. – С. 43–50.
- Santos E. B. H., Esteves V. I., Rodrigues J. P. C., Duarte A. C. Humic substances' proton-binding equilibria: assessment of errors and limitations of potentiometric data // Anal. Chim. Acta. – 1999. – V. 392. – № 2–3. – P.333–341.
- Майоров Ф. А., Мешалкин Ю. П., Политова Ю.А. Лазерно-индуцированная флуоресценция органических примесей в питьевой воде // Оптика атм. и океана. – 2000. – Т. 13. – № 10. – С. 914–917.
- Choudhry G.G. Interaction of Humic Substances with Environmental Chemistry // The Handbook of Environmental Chemistry. V. 2. Part B. Reactions and Processes (Vol. Ed. O. Hutzinger). Berlin Heidelberg: Springer-Verlag, 1982. – P. 103–128.
- Орлов Д. С., Садовникова Л. К., Суханова Н. И. Химия почв. – М.: Высш. школа, 2005. – 558 с.

8. Sutton R., Sposito G. Molecular structure in soil humic substances: the new view // Environ. Sci. Technol. – 2005. – V. 39. – № 23. – P. 9009–9015.
9. Лен Ж.-М. Супрамолекулярная химия: Концепции и перспективы.– Новосибирск: Наука, Сиб. предприятие РАН, 1998. – 334 с.
10. Piccolo A. The supramolecular structure of humic substances // Soil Sci. – 2001. – V. 166. – № 11. – P. 810–832.
11. Engebretson, R., von Wandruszka R. Micro-organization of dissolved humic acids // Environ. Sci. Technol. – V. 28. – P. 1934–1941.
12. Manciulea A., Baker A., Lead J. R. A fluorescence quenching study of the interaction of Suwannee River fulvic acid with iron oxide nanoparticles // Chemosphere. – 2009. – V. 76.– P. 1023–1027.
13. Соколова И. В. Чайковская О. Н. Флуоресцентные и фотохимические свойства гуминовых кислот // Оптика атмосф. и океана. – 2006. – Т. 19. – № 2–3. – С. 244–247.
14. Соколова И. В. Чайковская О. Н. Влияние гуминовых кислот на фотопроцессы в водных средах // Вестник ТГПУ. Серия: Биологические науки. – 2008. – № 4 (78). – С. 42–46.
15. Gondal M. A., Masoudi H. M., Pola J. Laser photo-oxidative degradation of 4,6-dimethyl-dibenzothiophene // Chemosphere. – 2008. – V. 71. – № 9. – P. 1765–1768.
16. Sosnin E. A., Oppenländer T., Tarasenko V. F. Applications of capacitive and barrier discharge excilamps in photoscience // J. Photochem. Photobiol. C: Reviews. – 2006. – V. 7. – P.145–163.
17. Sosnin E. A., Sokolova I. V., Tarasenko V. F. Development and Applications of Novel UV and VUV Excimer and Exciplex Lamps for the Experiments in Photochemistry / In Book: Photochemistry Research Progress (Eds by A. Sanchez, S.J. Gutierrez). Nova Science Publishers. – 2008. – P. 225–269.
18. Чайковская О. Н., Соколова И. В., Каретникова Е. А., Липатникова Е. С. Спектральное и хроматографическое исследование влияния предварительного УФ-облучения на биоразложение нитрофенолов // Журн. аналит. химии. – 2009. – Т.64. – № 10. – С.1059–1062.
19. Evangelista S., Cooper D.G., Yargeau V. The effect of structure and a secondary carbon source on the microbial degradation of chlorophenoxy acids // Chemosphere. – 2010. – V. 79. – P. 1084–1088.
20. Чайковская О. Н., Соколова И. В., Каретникова Е. А., Мальков В. С., Кузьмина С. В. Спектральное и хроматографическое исследование фототрансформации гербицидов в воде // Журн. прикл. химии. – 2009. – Т.82. – № 3. – С. 404–409.
21. Сульtimiова Н.Б., Левин П.П., Чайковская О. Н., Соколова И. В. Исследование триплетных состояний фульвокислот в водных растворах методом лазерного фотолиза // Химия высоких энергий. – 2008. – Т. 42. – № 6. – С. 514–518.

PHOTOPROCESSES IN WATER INCLUDING THE PARTICIPATION OF HUMIC SUBSTANCES

I. V. Sokolova, O. N. Tchaikovskaya, L.V. Nechaev

On the basis of the data of physical chemical properties humic and fulvic acids under action of light sources with different characteristics it is shown which photochemical processes are occurred in water solution including the participation of humic substances.

ИНВЕРТАЗНАЯ АКТИВНОСТЬ ТОРФЯНЫХ ПОЧВ БОЛОТА «ТАГАН»¹**Е. Ю. Старикова, Е. В. Порохина, О. А. Голубина**

Томский государственный педагогический университет, agroecol@yandex.ru

В статье приведены результаты исследований инвертазной активности торфяных почв эвтрофного болота. Установлена более высокая активность инвертазы в торфяных почвах участка агролесомелиорации. Выявлено, что в торфяных почвах нативного участка процесс гидролиза углеводов интенсивнее происходит в июле.

Торфяные почвы являются уникальным природным образованием по своим физическим и физико-химическим свойствам. Рациональное освоение торфяных почв с целью их дальнейшего использования во многом определяется результатами научных исследований в области торфа, в том числе и биологических.

Все биологические процессы, связанные с превращением веществ и энергии в почве, осуществляются с помощью ферментов, играющих важную роль в мобилизации элементов питания растений, а так же обуславливающих интенсивность и направленность наиболее важных биохимических процессов [1].

Анализ литературных данных показывает, что ферментативная активность торфяных почв лучше исследована на европейской территории России и в Беларуси [2–4] и недостаточно в Западной Сибири [1, 4–6]. Содержание ферментов в торфяной почве характеризует ее биологическую активность. Наиболее хорошо изученными ферментами в различных почвах являются ферменты из класса гидролаз. Активность фермента инвертазы является показателем трансформации легкогидролизуемых углеводов в торфяных почвах. По данным исследователей [1, 5, 6] инвертазная активность в торфяных почвах находится в зависимости от ботанического и химического состава торфов, слагающих торфяной профиль, а также гидротермических условий в торфяных почвах.

Целью работы является изучение инвертазной активности эвтрофных торфяных почв болота «Таган».

Объекты и методы исследований

Исследования проводились на торфяном болоте эвтрофного типа «Таган» (Томский район, Томская область). В 2009 году на болоте «Таган» были заложены 3 пункта наблюдений. Пункт 1 представляет собой нативный участок. Торфяной профиль достигает мощности 3 м и в его основании располагается слой древесно-травяного торфа, выше идет травяной торф (250–275 см), папоротниковый (225–250 см), древесный (200–225 см), осоковый (175–200 см), древесно-травяной (150–175 см). Верхние слои представлены торфами травяной группы. Сапрпель отсутствует. Подстилающие породы – заиленные пески.

Пункт 2 представляет собой участок с агролесомелиорацией. Вдоль участка проведены борозды глубиной 0,5 м, с расстоянием между бороздами 2–3–4 м. Мощность торфяных почв на этом участке составляет около 2,7 м. В основании торфяного профиля залегает заиленный песок черного цвета, выше располагается слой древесного торфа (175–200 см), затем идут древесно-травяные торфа (50–175 см), частично определённые как вахтовые (50–100 см). С поверхности почвы сформированы травяным (25–50 см) и древесным (0–25 см) торфом. Сапрпель отсутствует.

Пункт 3 является нативным участком, где торфяные почвы имеют мощность до 4 м. Торфяной профиль, который подстилается заиленными песками, сложен следующими видами торфа: древесным (300–320 см), осоковым (225–300 см), травяным (175–225 см),

¹ Работа выполнялась при финансовой поддержке РФФИ (гранты 09-05-00235, 09-05-99007-р-офи) и Роснауки (Госконтракт № 02.740.11.0325).

древесно-травяным (150–175 см), вахтовым (125–150 см), древесно-вахтовым (100–125 см). Верхний метровый слой торфяных почв этого участка представлен вахтовым торфом. На глубине 320–375 см залегает сапрпель, а начиная с глубины 375 см – минеральный грунт.

Для характеристики инвертазной активности торфяных почв болота «Таган» на всех пунктах проводился отбор проб торфа на анализ торфяным буром ТБГ-1 через каждые 25 см на всю глубину торфяного профиля до минерального грунта. Инвертазная активность торфяных почв определялась в трехкратной повторности по методу Щербаковой Т. А. [1] и измерялась в мг глюкозы на 1 г сухого торфа за 4 часа (далее по тексту – ед.). В отобранных образцах торфа был определен также ботанический состав и степень разложения в НИИ биологии и биофизики при Томском государственном университете [7]. Параллельно с инвертазной активностью в торфяных почвах определялась влажность, зольность, обменная и гидролитическая кислотность, сумма поглощённых оснований по соответствующим методикам [8–12]. В торфяных почвах пункта 3 в течение вегетационного периода 2009 года изучали динамику инвертазы в мае, июле и сентябре.

Результаты и обсуждение

Известно, что свойства торфов определяются генезисом, гидрологическими условиями и ботаническим составом торфов, слагающих торфяной профиль [4, 5, 13].

Торфяные почвы исследуемых участков сложены преимущественно эвтрофными торфами травяной и древесно-травяной групп, со степенью разложения 35–50 %. На всех участках наблюдается тенденция увеличения степени разложения вглубь по торфяному профилю. Изучаемые торфяные почвы в целом характеризуются как нормальнозольные. Более высокие показатели зольности отмечаются в торфяных почвах пункта 3 (до 30,25 %). Обменная кислотность в торфяных почвах изменяется от слабокислой до нейтральной (5,57–6,92). Гидролитическая кислотность варьирует в пределах от 2,58 до 11,07 мг-экв/100 г с.в. При этом более высокие показатели наблюдаются в торфяных почвах пункта 2 (5,16–10,49 мг-экв/100 г с.в.) Торфяные почвы всех исследуемых участков характеризуются высокими показателями суммы поглощенных оснований (376–983,94 мг-экв/100 г с.в.).

Анализ полученных данных показывает, что в торфяных почвах болота «Таган» инвертазная активность варьирует в очень широких пределах от 6,79 до 366,66 ед. При этом наиболее активно синтез углеводов происходит в торфяных почвах пункта 2 (7,09–366,36 ед.), а наименее активно – в торфяных почвах пункта 3 (рис. 1).

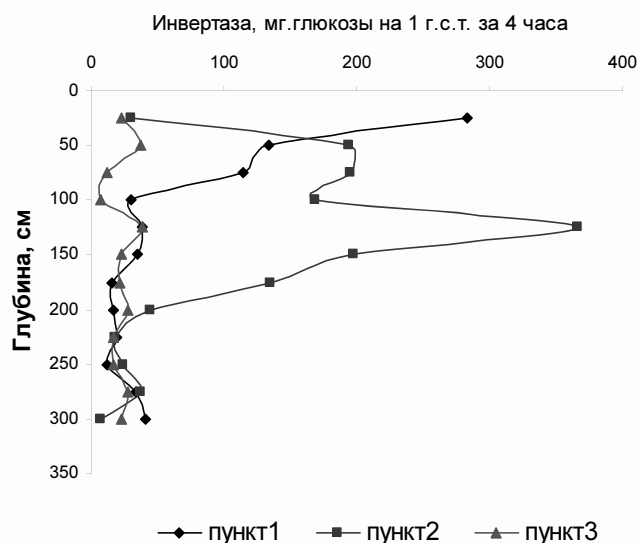


Рис. 1. Инвертазная активность в торфяных почвах болота «Таган»

Рассмотрим особенности инвертазной активности торфяных почв исследуемых участков. В торфяных почвах нативного участка пункта 1, торфяной профиль которого сложен преимущественно травяным видом торфа, пределы инвертазной активности составляют 12,41–283,52 ед. Наиболее активно гидролиз углеводов происходит в верхнем метровом слое (рис. 1). Вглубь по торфяному профилю отмечается снижение активности инвертазы.

Торфяные почвы пункта 2, где была проведена агролесомелиорация, отличаются самыми высокими показателями инвертазной активности. Это, вероятно, связано с улучшением аэрации торфяных почв этого участка, что способствует усилению ферментативных процессов. При этом гидролитические процессы охватывают более мощный слой торфяного профиля (2 м), что подтверждается высокими значениями инвертазы (135,07–366,36 ед.). В слоях, расположенных глубже, инвертазная активность снижается в 3–4 раза. Интересно отметить, что в верхнем слое торфяных почв пункта 2, представленным древесным видом торфа, активность инвертазы в 6,5 раз ниже, чем в нижележащем слое, сложенным травяным видом торфа. Это объясняется, прежде всего, ботаническим составом торфа. С увеличением доли древесных остатков в ботаническом составе торфов содержание легкогидролизуемых соединений снижается и соответственно уменьшается активность инвертазы в торфах [6].

В нативных торфяных почвах пункта 3 инвертазная активность варьирует от 6,79 до 38,62 ед. При этом гидролиз углеводов по торфяному профилю осуществляется относительно равномерно, за исключением слоев с высокими показателями зольности, где активность фермента самая низкая.

Рассмотрим динамику инвертазной активности в нативных торфяных почвах пункта 3. Для исследования динамики фермента были выбраны слои торфа со сходным ботаническим составом. Динамика инвертазной активности в торфяных почвах в течение вегетационного периода 2009 года (который отличался теплым и влажным летом) представлена одновершинной кривой с максимумом в июле (135,30 ед.) (рис. 2).

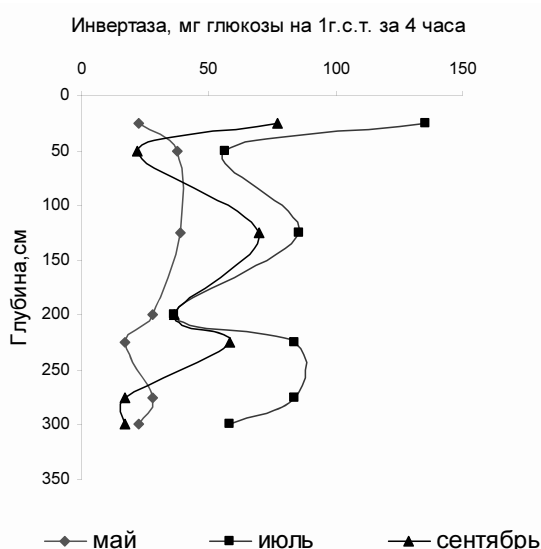


Рис. 2. Динамика инвертазной активности в торфяных почвах пункта 3 (2009 г.)

В сентябре и, особенно в мае, значения инвертазной активности в 1,5–2 раза ниже, чем в июле, что связано с ухудшением гидротермических условий в торфяном профиле. Аналогичная закономерность в сезонной динамике инвертазы в торфяных почвах отмечается и в работах других авторов [5, 6].

В целом результаты исследований инвертазной активности эвтрофных торфяных почв соответствуют литературным данным [1, 2, 4–6]. Однако следует отметить, что торфяные почвы участка агролесомелиорации значительно богаче по инвертазной активности, чем осушенные и не используемые в культуре торфяные почвы Беларуси и Западной Сибири.

Заключение

Результаты проведенных исследований показывают, что инвертазная активность в эвтрофных торфяных почвах болота «Таган» изменяется в широких пределах (от 6,79 до 366,66 ед.). Наиболее активно процессы минерализации протекают в торфяных почвах участка агролесомелиорации (7,09–366,36 ед.) (пункт 2). Среди торфяных почв исследуемых нативных участков более высокими значениями инвертазной активности отличаются торфяные почвы пункта 1, сложенного преимущественно травяным видом торфа. При этом активный гидролиз углеводов в этих почвах протекает в верхнем слое 0–75 см. Сезонная динамика инвертазной активности в торфяных почвах нативного участка (пункт 3) характеризуется одновершинной кривой с максимумом в июле.

Литература

1. Инишева Л. И., Ивлева С. Н., Щербакова Т. А. Руководство по определению ферментативной активности торфяных почв и торфов. – Томск: Изд-во Томского ун-та, 2003. – 122 с.
2. Купревич В. Р., Щербакова Т. А. Почвенная энзимология. – Минск: Наука и техника, 1966. – 275 с.
3. Ивлева С. Н., Щербакова Т. А., Шимко Н. А. Изменение ферментативной активности маломощной торфяной почвы в условиях вегетационного опыта // Почвоведение. – 1994. – № 1. – С. 67–69.
4. Славнина Т. П., Инишева Л. И. Биологическая активность почв Томской области. – Томск: Изд-во Томского ун-та, 1987. – 216 с.
5. Инишева Л. И., Порохина Е. В., Аристархова В. Е., Боровкова А. Ф. Выработанные торфяные месторождения, их характеристика и функционирование. – Томск: Изд-во ТГПУ, 2007. – 225 с.
6. Савичева О. Г., Инишева Л. И. Ферментативная активность торфяных почв // Сибирский экологический журнал. – 2000. – № 5 – С. 607–614.
7. ГОСТ 28245-89. Торф. Методы определения ботанического состава и степени разложения. Введ. 01.07.90. – М.: Изд-во стандартов, 1989. – 9 с.
8. ГОСТ 11305-83. Торф. Методы определения влажности. Введ. 01.01.84. без ограничения срока действия. – М.: Изд-во стандартов, 1983. – 7 с.
9. ГОСТ 11306-83. Торф. Методы определения зольности. Введ. 01.01.85. взамен ГОСТ 7302-73. – М.: Изд-во стандартов, 1984. – 6 с.
10. ГОСТ 11623-89. Торф и продукты его переработки для сельского хозяйства. Методы определения обменной и активной кислотности. Введ. до 01.01.91 до 01.01.96. – М.: Изд-во стандартов, 1990. – 5 с.
11. ГОСТ 27894.1-88 – ГОСТ 27894. 10-88. Торф и продукты его переработки для сельского хозяйства. Методы анализа. Введ. 01.01.90 до 01.01.2000. – М.: Изд-во стандартов, 1989. – 31 с.
12. Методические указания по анализу торфа и торфяной продукции. – Л., 1980. – 82 с.
13. Ефимов В. Н. Торфяные почвы и их плодородие. – Л.: Агропромиздат, 1986. – 264 с.

THE INVERTASE ACTIVITY OF PEAT SOILS IN THE BOGS OF «TAGAN»

E. U. Starikova., E. V. Porohina., O. A. Golubina

The article presents the results of researches of peat soils' invertase activity in the eutrophic mire. Established a higher activity of invertase in the peat soils of agroforestry plot. Revealed that the hydrolysis of carbohydrates in the peat soils of the native area was more intensively in July.

ИЗМЕНЕНИЕ СОСТОЯНИЯ ОСУШЕННЫХ ТОРФЯННИКОВ ПОСЛЕ ОБЛЕСЕНИЯ

М. Б. Субота

Санкт-Петербургская государственная лесотехническая академия, subota_m@mail.ru

В статье рассматривается на основе пятидесятилетних исследований изменения состояния торфяника после осушения и облесения.

Известно, что болота, осушаемые в лесном хозяйстве, используются для лесовыращивания. На болотах, облесенных до осушения, выращивают древостои естественного происхождения. На болотах, где нет достаточного облесения выращивают искусственно созданные насаждения путем создания лесных культур. В Ленинградской области на объектах, рассматриваемых в настоящей работе, созданы посадкой культуры сосны обыкновенной. Посадка проведена весной 1959 года двухлетними саженцами.

На протяжении последних пятидесяти лет ведутся наблюдения за изменением состояния развивающегося соснового насаждения и динамикой почвенных характеристик торфа. В настоящей работе рассматривается динамика изменения морфологического состояния почвенного профиля.

В начальном периоде на участке не было древостоя. Через пять лет сформировалось молодое насаждение. К десятилетнему возрасту образовался сомкнутый древостой (табл. 1). Одновременно происходило развитие и корневых систем. Почвенный разрез 1962 года, описанный через 3 года после осушения, показывал, что это был торфяник с глубиной торфа до 50 см на суглинках.

Таблица 1

Динамика таксационных показателей культур сосны

Возраст, лет	Средние		Запас, м ³ /га	Кол-во деревьев	Полнота	Класс бонитета
	Н, м	Д, см				
5	1,5	4,0	–	4800	–	1
12	4,9	6,5	55	4100	1,1	1а
22	11,0	10,5	210	3431	1,1	1а
36	18,5	15,6	321	1962	1,1	1а
45	22,5	18,7	409	1490	1,0	1а
48	23,0	20,1	439	1271	1,1	1а

Морфологическое описание почвенного разреза опытного участка 1 в 1962 году:

- A₀^T 0–3 см – дернина из корней и опада болотных растений и других растительных остатков;
- T2 4–27 см – темно-коричневый, хорошо разложившийся торф с вкраплениями глинистых частиц, переход в следующий горизонт постепенный;
- T3 28–48 см – темно-бурый хорошо разложившийся торф, пронизанный отмершими корнями осок, в нижней части сильно минерализованный, переход в следующий горизонт четкий;
- Bg 49–74 см – суглинок средний темноватого цвета с ржаво-бурыми пятнами, пронизанный отмершими корнями осок;
- Bg 75–100 см – тяжелый суглинок, с хорошо выраженными признаками оглеения;
- Cg > 100.

В месте описания разреза почва оценивалась как торфяно-перегнойная глеевая с выраженным слоем дернины, мощность торфа составляет около 0,5 м.

При обследовании в пятилетнем возрасте корни древесных растений располагались в торфяном горизонте на глубине 15–20 см, через 24 года отмечено распространение корней на весь торфяной горизонт. У отдельных сосен корни встречались в подстиляющем торф суглинистом горизонте на глубине 45–77 см.

К двадцатилетнему возрасту сформировалось чистое по составу сосновое насаждение первого А класса бонитета. Мощность торфа уменьшилась почти вдвое за счет осадки в начальном периоде и сработки не без участия древостоя. К сорокапятилетнему возрасту сформировалось уникальное сосновое насаждение первого А класса бонитета с запасом древесины более 400 м³/га. Наблюдения за грунтовыми водами показали, что уровни их, кроме весны, понизились за пределы торфяного горизонта. Чрезмерное осушение и деятельность высокоразвитого древостоя привели к уменьшению почвенного горизонта более чем на половину.

Морфологическое описание почвенного разреза опытного участка 1 в 2004 году:

A ₀ ^T 0–3 см –	лесная подстилка, слабо разложившаяся, содержащая хвою, остатки травяной растительности;
T ₃ 4–16 см –	перегнойный, черного цвета, хорошо разложившийся;
A ₁ 16–18 см –	гумусовый, суглинистый, черный, структура комковатая, рыхлая, переход в следующий горизонт четкий;
A ₂ 18–20 см –	подзолистый, белесый, суглинистый, структура плотноватая, пылеватая, переход в следующий горизонт постепенный;
Bg 20–43 см –	иллювиальный, бурый, призматическая, плотноватое, пятна глея, переход в следующий горизонт постепенный;
G >43 –	глеевый, сизый, пылевато-глыбистая, плотный, суглинистый.

Почва перегнойно-торфянисто глеевая, слабоподзолистая, на глинистых отложениях.

В Ленинградской области имеется много осушенных земель. В том числе и знаменитая Суланда в Лисинском учебно-опытном лесхозе Лесотехнической академии с древостоем в 640 м³/га. Там и через 160 лет после осушения сохраняется торфяной слой мощностью до 0,3–0,5 м. Степень осушенности там ниже, грунтовые воды большую часть лета находятся в торфяном слое. Следовательно, при соответствующем регулировании водного режима можно на осушенных болотах выращивать высокобонитетные древостои, сохраняя и торфяной горизонт, как залог для выращивания будущих высокобонитетных лесов.

Литература

1. Бабилов Б.В., Субота М. Б. Выращивание высокопродуктивных культур сосны на осушенных торфяниках // Повышение производительности и эффективности использования лесов на осушенных землях: матер. совещания Лисино-корпус. – СПб., 2008. – С. 43–46.
2. Субота М. Б. Изменение агрохимических свойств осушенных мелкозалежных торфяников при лесокультурном освоении // Продуктивность и устойчивость лесных пород: матер. межд. конф. по лесному почвоведению (9–11 сентября 2009, Петрозаводск). – Петрозаводск, 2009. – С. 37–38.

CHANGE OF CONDITION SWAMPY AFTER DRAINAGE AND AFORESTATION

M. Subota

Fifty years' researches of change of a condition of a peatbog after drainage and aforestation are considered in the article.

ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ БОЛОТНЫХ МИКРОБОЦЕНОЗОВ НА ТЕРРИТОРИИ СРЕДНЕЙ СИБИРИ

С. Н. Сырцов

Институт леса им. В. Н. Сукачева СО РАН, Красноярск, kaideil@list.ru

На основании полученных данных выявлены особенности функционирования микробных сообществ в разных типах болот Красноярского края. Активность микробоценозов оценивалась классическими и респирометрическими (на основе СИД) характеристиками. Установлено, что несмотря на генетические различия все болота имели устойчивый экофизиологический статус.

В регионах Средней Сибири, с резко континентальным климатом и сильно расчлененным средне- и низкогорным рельефом, более 80 % территории приходится на леса, в то время как болотные ландшафты не имеют широкого распространения. Болота встречаются преимущественно в речных долинах и замкнутых понижениях, где избыточное увлажнение создается за счет скоплений поверхностной воды, а фильтрация ее в почву задерживается вследствие позднего оттаивания почв. Другой причиной заболачивания является сохранение многолетней мерзлоты под сфагновым покровом.

В болотоведческом отношении территория Средней Сибири изучена очень слабо. Известно, что торфообразование на междуречье началось в атлантическом периоде, когда наступило значительное потепление климата [1]. Вместе с повышением температуры начала таять вечная мерзлота, что привело к развитию термокарстовых явлений и появлению застойных, постепенно зарастающих водоемов, на месте которых образовались болота.

Микробные сообщества болот северной части Сибири регулярно подвергаются циклическим процессам замораживания-оттаивания и долгое время (более полугода) пребывают в замороженном состоянии. Однако в вегетационный период и в резко континентальном климате протекают активные микробиологические процессы: образуется значительное количество диоксида углерода в результате гетеротрофного и анаэробного разложения органического вещества, которое вовлекается в биогеохимический круговорот и поступает в атмосферу [2].

Целью данной работы являлась количественная и качественная оценка функциональной активности микробных сообществ различного типа болот Красноярского края. Исследованы микробные сообщества трех типов болот: олиготрофного и евтрофного, расположенных в районе с.Зотино, а также мезотрофного болота, расположенного в среднем течении р. Нижняя Тунгуска, в 35 км. от пос. Тура.

Микробиологическая активность опытных образцов определялась на основании установления: суммарной численности микроорганизмов классическими методами, микробной биомассы (БМ), интенсивности базального дыхания (БД) гетеротрофов, микробного метаболического коэффициента ($q\text{CO}_2$), с использованием респирометрических методов (СИД), а также ферментативной активности торфяных почв.

Значения БМ в верховом болоте невелики во всех почвенных горизонтах (34,82–59,89 мкг С/г почвы). С глубиной они не снижаются, и на 250 см значения биомассы сопоставимы с таковыми аэробного верхнего горизонта. Ранее установлено, что в деструкции органики на данных глубинах принимают активное участие как факультативно-анаэробные бактерии, так и анаэробные формы [2]. Интенсивность БД существенно снижается с глубиной, что указывает на прекращение деятельности гетеротрофов и переход на другие механизмы разложения органики. Это подтверждается высокой общей численностью микроорганизмов в нижних горизонтах (до 4,55 млн. КОЕ/г). Значения $q\text{CO}_2$

не превышают 1 (0,02–0,12) что указывает на его устойчивое состояние и стабильный эко-физиологический статус. Олиготрофное болото отличалось от других меньшей каталазной активностью (0,051–0,13 мл $\text{KMnO}_4/\text{г}$ 20 мин); количественное повышение фермента наблюдалось до глубины 150 см, а на 200 см – резкое его снижение в 2 раза (табл.1).

В низинном болоте наиболее высокие значения БМ отмечены в поверхностном слое (168,46 мкг С/г почвы), на 50 см микробная биомасса снизилась до 37,91 мкг С/г почвы и далее, с увеличением глубины, практически не изменялась. Значения БД микроорганизмов коррелировали с величинами микробной биомассы ($r = 0,4$). Максимальные значения дыхания отмечены в аэробной зоне (1,81 мкг $\text{C-CO}_2/\text{г ч}$) и на глубине 200 см (1,32 мкг $\text{C-CO}_2/\text{г ч}$). Среди функциональных групп микроорганизмов отмечено численное преимущество олиготрофного комплекса. Значения $q\text{CO}_2$ также не превышали 1 (0,011–0,1), что свидетельствует об устойчивом состоянии микробного сообщества данного болота. Значения активности каталазы составили от 0,054 до 0,11 мл $\text{KMnO}_4/\text{г}$ 20 мин (табл. 1).

Таблица 1

Микробиологические характеристики исследованных болотных экосистем

Тип болота	Глубина, см	Суммарная численность, млн КОЕ/г	КАА / МПА	Базальное дыхание $\text{C-CO}_2/\text{г ч}$	Биомасса мкг С/г	$q\text{CO}_2$	Активность каталазы, мл $\text{KMnO}_4/\text{г}$ 20 мин
Верховое	0	0,79	0,84	6,74	59,89	0,113	0,051192
	50	0,21	1,16	1,28	38,82	0,033	0,070152
	100	0,29	0,66	0,38	37,14	0,010	0,079632
	150	0,88	0,39	1,01	42,70	0,024	0,127664
	200	1,73	1,17	0,75	34,82	0,022	0,057512
	250	0,53	0,53	0,31	56,86	0,008	0,066992
	300	3,68	2,94	0,21	37,57	0,008	0,060672
	350	1,80	2,10	0,00	47,70	–	0,066992
	375	0,92	0,28	0,00	51,06	–	0,066992
	400	4,55	1,17	0,00	52,76	–	0,060672
Низинное	0	0,82	0,04	1,81	168,46	0,011	0,111232
	50	0,58	1,92	1,82	37,91	0,048	0,098592
	100	0,36	1,21	0,94	31,67	0,030	0,060672
	150	0,18	1,82	0,70	31,48	0,022	0,066992
	200	0,69	3,33	1,32	12,70	0,104	0,054352
	250	0,42	0,51	0,97	32,29	0,030	0,076472
	300	0,76	0,84	0,60	39,41	0,015	0,108072
	340	4,42	1,83	0,70	62,80	0,011	0,095432
Переходное	0-5	3,78	1,12	8,23	621,73	0,219	0,119922
	20-25	5,93	1,22	4,90	229,25	0,305	0,094642
	35-40	0,41	0,52	2,32	109,01	0,289	0,108072
	45-50	4,88	3,87	2,13	56,74	0,511	0,104912

В мезотрофном болоте микробиологическая активность снижалась с глубиной и становилась минимальной около мерзлоты. Отмечена высокая интенсивность дыхания (БД=2,13–8,23 $\text{C-CO}_2/\text{г ч}$), коррелирующая с микробной биомассой ($r=0,8$). Высокие значения БМ в верхних горизонтах свидетельствуют о высокой скорости деструкции органического вещества, несмотря на кислую реакцию среды. Суммарная численность экологотрофических групп микроорганизмов (ЭКТГМ) была выше в нижнем примерзлотном горизонте. Значения $q\text{CO}_2$ в данном болоте также не превышали 1 (0,09–0,51), что свидетельствует об его экологической устойчивости (табл.1). Каталазная активность в мезотрофном болоте мало изменялась в зависимости от глубины. Минимальное значение

активности фермента составило 0,095 мл KMnO_4 /г 20 мин на глубине 20–25 см, максимальное – 0,12 мл KMnO_4 /г 20 мин – в поверхностном слое почвы (табл.1).

Литература

1. Прокушкин С. Г., Абаимов А. П., Прокушкин А. С. Структурно-функциональные особенности лиственницы Гмелина в криолитозоне центральной Эвенкии. – Красноярск: Институт леса им. В. Н.Сукачева СО РАН, 2008. – 161 с.
2. Гродницкая И. Д., Трусова М. Ю. Микробные сообщества и трансформация соединений углерода в болотных почвах таежной зоны (Томская область) // Почвоведение. – 2009. – № 9. – С. 1099–1107.

THE FUNCTIONAL CHARACTERISTICS OF THE BOG MICROBIOCENOSIS IN THE MIDDLE SIBERIA TERRITORY

S. N. Syrtsov

On the basis of the obtaining data it is educed characteristics of the microbial community functioning in the different types of Krasnoyarsk territory bogs. Activity of microbocenosis was estimated by the classic and respirometric (based by SIR) characteristics. It is fixed that in spite of genetic differences all bogs had the stable ecophysiological status.

ЙОД В СФАГНОВЫХ МХАХ И ТОРФАХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ БЕЛАРУСИ**А. Э. Томсон, Г. В. Наумова, Н. Л. Макарова, Т. Ф. Овчинникова, Н. А. Жмакова**

Институт природопользования НАН Беларуси, Минск, zhmakova@mail.ru

В статье изложены сведения о содержании в сфагновых мхах и торфе такого важного микроэлемента, как йод, которым бедны почвы Беларуси. Установлено, что уровень содержания йода в сфагновых мхах существенно отличается в зависимости от их ботанического вида и условий произрастания в микрорельефе, а в торфе – в значительной мере зависит от степени его разложения. Экспериментально установлено, что йод в составе торфа связан с его гуминовым комплексом.

Введение

Одним из направлений использования сфагнового торфа в народном хозяйстве республики является приготовление на его основе компостов, мелиорантов, тепличных грунтов и различных субстратов для растениеводства. В настоящее время рассматривается возможность использования в указанных целях не только торфа, но и сфагновых мхов, которые предлагают специально выращивать на выработанных торфяных месторождениях [1, 2]. При исследовании минеральных и торфяных почв Западной Сибири российские ученые выявили повышенное содержание йода в торфяной почве в сравнении с минеральной, что положительно сказывается на его содержании в растениях, выращенных на этих почвах [3, 4].

Учитывая значительный научный и практический интерес, проявляемый к сфагновому мху и торфу, как природному сырью, обеспечивающему при его применении в растениеводстве получение экологически чистой сельскохозяйственной продукции, целесообразно более полно раскрыть их химический состав. В этой связи представляло интерес изучение количественных показателей содержания йода в сфагновых мхах и торфах Беларуси, чему и посвящена настоящая работа.

Методы исследования

Объектом исследований являлись различные виды сфагновых мхов (шесть ботанических видов): грядовые мхи – сфагнум фускум (*Sph.fussum*), сфагнум магелланикум (*Sph. magellanicum*), сфагнум ангустифолиум (*Sph.angustifolium*), а также мочажинные мхи – сфагнум балтикум (*Sph. balticum*), сфагнум апикулятум (*Sph.apiculatum*), сфагнум кусpidатум (*Sph.cuspidatum*), собранных в осенний период на крупных торфяных месторождениях верхового типа различных регионов республики. Всего отобрано 180 образцов мхов – по шесть образцов одного ботанического вида на каждом месторождении. Сфагновый торф был отобран на ключевых участках торфяной залежи этих же месторождений по стратиграфическому профилю. При этом пробы торфа с каждого участка одинакового вида и степени разложения объединяли в средние пробы. Образцы растений и торфа высушивали в тени на воздухе до воздушно-сухого состояния, а затем озоляли и определяли содержание йода, используя методику Г. Ф. Проскуряковой [5]. Анализы выполнены с четырехкратной повторностью.

Основная часть

Республика Беларусь относится к регионам с биогеохимической недостаточностью йода в питьевой воде и почвах. Известно, что при дефиците йода в воде, продуктах и кормах нарушается синтез гормонов щитовидной железы, регулирующих углеводный, жировой, белковый, витаминный, водный и другие обменные процессы в организме человека и животных, что отрицательно сказывается на продуктивности последних.

В результате выполнения исследований выявлено, что сфагновые мхи обладают способностью аккумулировать в своем составе значительные количества йода. В табл. 1 пред-

ставлены статистические данные по содержанию йода в сфагновых мхах, произрастающих на торфяных месторождениях Ельня, Оболь-2, Домжерицкое, Острова Дулебы и Кандель-Яловец, относящихся к наиболее мощным по запасам сфагнового торфа в республике.

Таблица 1

Статистические данные по содержанию йода в сфагновых мхах торфяных месторождений Беларуси, мг/кг сухого вещества

Вид, группа сфагновых мхов	Показатели*	Торфяные месторождения				
		Ельня	Оболь-2	Домжерицкое	Острова Дулебы	Кандель-Яловец
<i>Sph. magellanicum</i>	M	2,1	2,3	2,3	2,8	2,8
	m	0,09	0,09	0,06	0,15	0,17
	σ	0,15	0,15	0,15	0,26	0,3
	u	7,1	6,5	6,7	9,4	10,7
<i>Sph. angustifolium</i>	M	2,2	2,3	2,2	2,8	2,7
	m	0,07	0,09	0,08	0,06	0,17
	σ	0,12	1,15	0,10	0,10	0,30
	u	5,3	6,7	4,5	3,5	11,1
<i>Sph. fuscum</i>	M	2,0	2,1	2,1	2,2	отсут.
	m	0,12	0,09	0,06	0,15	–
	σ	0,20	0,15	0,10	0,25	–
	u	9,9	7,3	5,5	11,2	–
<i>Sph. balticum</i>	M	2,9	2,7	2,6	3,1	3,2
	m	0,15	0,09	0,09	0,12	0,15
	σ	0,25	0,15	0,15	0,20	0,25
	u	8,7	5,5	5,8	6,4	7,9
<i>Sph. apiculatum</i>	M	3,2	3,3	3,0	3,9	4,0
	m	0,09	0,09	0,12	0,12	0,26
	σ	0,15	0,15	0,21	0,21	0,46
	u	4,7	4,6	6,8	5,8	11,3
<i>Sph. cuspidatum</i>	M	3,6	3,5	отст.	4,0	4,3
	m	0,16	0,6	–	0,06	0,09
	σ	0,20	0,10	–	0,10	0,15
	u	5,5	2,8	–	2,4	3,5

Примечание: * M – среднее значение; m – ошибка среднего значения; σ – среднее квадратическое отклонение; u – коэффициент вариации, %.

Анализируя полученные данные, следует отметить, что более высоким уровнем содержания йода отличаются мочажинные мхи, произрастающие в более обводненной среде по сравнению с грядовыми. При этом влаголюбивые мочажинные мхи сфагнум балтикум (*Sph. balticum*), сфагнум апикулятум (*Sph. apiculatum*), сфагнум куспидатум (*Sph. cuspidatum*), включают в свой состав от 2,8 до 3,4 мг йода на сухое вещество растений в зависимости от региона их произрастания, а грядовые мхи – сфагнум фускум (*Sph. fuscum*), сфагнум магелланикум (*Sph. magellanicum*), сфагнум ангустифолиум (*Sph. angustifolium*), поселяющиеся на возвышенных участках болота (грядах), – от 2,2 до 2,9 мг йода в расчете на сухое вещество. Среднее содержание йода во мхах обследуемых торфяных месторождений составляет 2,9 мг/кг сухого вещества растений при коэффициенте вариации 25 %.

Как видно из данных рис. 1, где показано содержание йода у отдельных ботанических видов сфагновых мхов торфяного месторождения Оболь-2 и Острова Дулебы, по этому показателю они располагаются по мере увеличения содержания йода в следующий ряд: фускум < магелланикум < ангустифолиум < балтикум < апикулятум < куспидатум.

Это свидетельствует о важной роли водно-минерального питания в жизни мохообразных растений и накоплении ими йода. Дополнительный отбор грядового и мочажин-

ного мхов одного и того же ботанического вида, произрастающих на поверхности разных элементов микрорельефа, и результаты их анализа подтвердили неодинаковое накопление ими этого микроэлемента. Так магелланикум мох, собранный на наиболее возвышенных элементах микрорельефа – кочках, высотой до 30–40 см, содержит 2,2–2,5 мг йода, а этот же мох, поселившийся в межкочечном пространстве – 2,8–3,1 мг йода в расчете на сухое вещество растений.

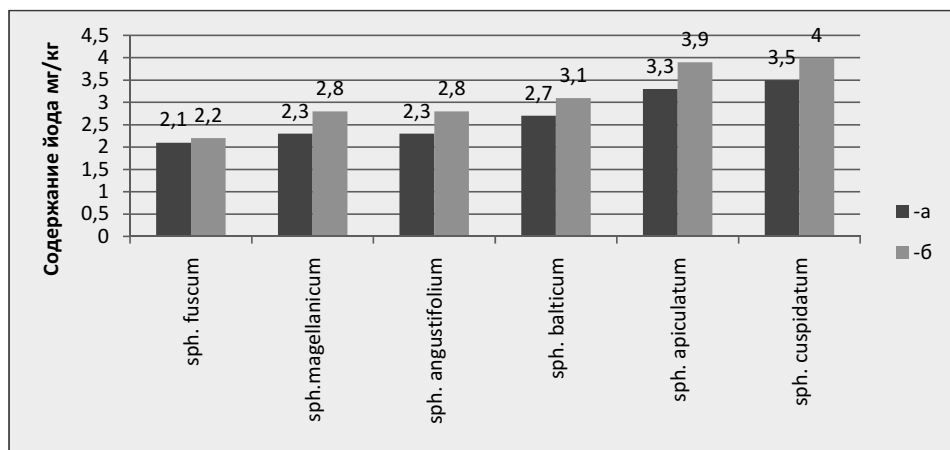


Рис. 1. Среднее содержание йода (мг/кг сухого вещества) в отдельных видах сфагновых мхов торфоместорождений Оболь-2 (а) и Острова Дулебы (б)

Характерно, что уровень содержания йода у одноименных сфагновых мхов в зависимости от торфяного месторождения также может значительно отличаться. Самые низкие показатели по йоду у грядовых мхов отмечены на торфяном месторождении Ельня. Наиболее высокие показатели по данному элементу относятся к сфагновым мхам самого южного торфяного месторождения Кандель-Яловец, где среднее содержание йода достигает 3,5 мг/кг, а амплитуда его колебаний лежит в пределах 2,4–4,5 мг/кг сухого вещества.

Таким образом, содержание йода в сфагновых мхах определяется природным регионом, их ботаническим видом и микрорельефом поверхности торфяного месторождения.

Сравнение уровня содержания йода в сфагновых мхах, и отдельных сельскохозяйственных культурах и луговых травах показало, что они очень бедны йодом: свекла кормовая – 0,20 мг; овсяная солома – 0,07 мг и луговые травы – 0,10 мг/кг сухого вещества. На фоне сфагновых мхов и болотные травянистые растения, такие как осоки (*caries*), пушица (*erriophorum*), шейхцерия (*scheuchzeria*) значительно беднее йодом. Его уровень в этих растениях не превышает 1 мг/кг, а в сфагновом мхе он составляет 3,0–3,5 мг/кг сухой массы. Следовательно, сфагновые мхи торфяных болот являются своеобразным аккумулятором йода, что имеет важное значение при их сельскохозяйственном использовании.

Определение содержания йода в сфагновом торфе показало, что при разложении сфагновых мхов в торфяной залежи этот микроэлемент способен аккумулироваться еще больше. Характерно, что в торфе малой степени разложения его уровень повышается незначительно. Так, если магелланикум мох, произрастающий на поверхности торфяного массива Оболь-2, содержал 2,3 мг йода в расчете на 1 кг сухого вещества, то в торфе 5 %-й степени разложения, образующимся под его покровом, этот показатель повышается до 2,6–2,8 мг/кг сухой массы. Установлено, что дальнейшее повышение степени разложения торфа способствует еще более значительному накоплению йода в торфе. О содержании йода в сфагнум магелланикум торфе со степенью разложения 15 %, наиболее распространенном на верховых торфяниках Беларуси, можно судить по данным табл. 2.

Статистические данные по содержанию йода в сфагновых торфах месторождений Беларуси, мг/кг сухого вещества

Торфяные месторождения	M	m	σ	ν
Ельня	4,07	0,34	0,15	3,6
Оболь-2	4,24	0,20	0,14	3,2
Домжерицкое	5,55	2,12	0,33	6,0
Острова Дулебы	5,4	1,6	0,33	6,1
Кандель-Яловец	7,7	1,71	0,86	9,9
Обследуемые месторождения	5,22	4,74	2,18	41,7

Данные табл. 2 свидетельствуют о том, что на данной стадии торфообразования, когда разлагающаяся в залежи биомасса отмерших мхов содержит порядка 15 % бесструктурных остатков, представленных в основном гуминовыми веществами, уровень йода еще значительно возрастает по сравнению с его содержанием в исходных мохообразных растениях и торфе с более низкой степенью разложения. Среднее содержание йода в магелланикум торфе со степенью разложения 15 %, собранного на обследуемых месторождениях, составляет 5,2 мг/кг сухого вещества, в то время как у одноименного мха этот показатель не превышал 2,8 мг/кг. Однако по уровню содержания йода в зависимости от месторождения исследуемый торф также несколько отличается, этот показатель колеблется в пределах 4,1–6,4 мг/кг сухого вещества. Это представляется закономерным, учитывая варьирование данного показателя у одноименного мха, собранного также в разных регионах. Так, наименьший выход йода, как у грядовых мхов, так и у одноименного торфа, характерен для самого северного месторождения Ельня, а максимальный – у этих же природных образований с южной части республики (месторождение Кандель-Яловец).

О влиянии степени разложения магелланикум и апикулятум торфа, образующихся на основе соответствующих грядового и мочажинного мхов, можно судить по данным рис. 2.

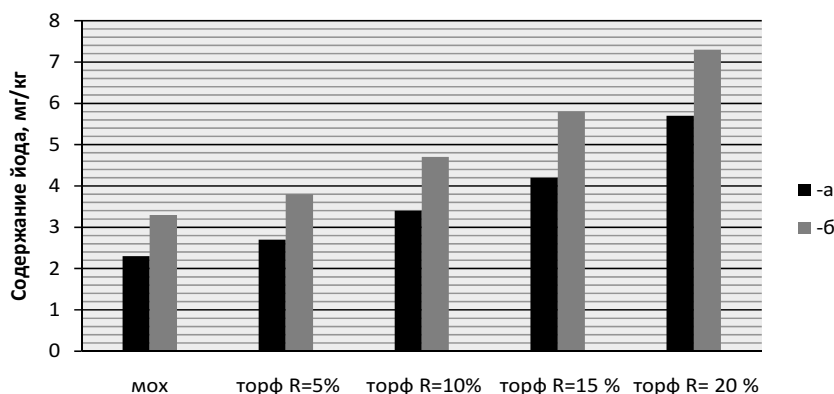


Рис. 2. Содержание йода, мг/кг сухого вещества в сфагновых торфах различной степени разложения: а – магелланикум торф; б – апикулятум торф

Рассматривая указанные закономерности, связанные с повышением уровня йода в торфах, по мере углубления их гумификации, представлялось интересным с научных позиций выявить роль гуминовых веществ торфа в аккумуляции этого важного биологически активного микроэлемента. В последующем были поставлены дополнительные эксперименты, в процессе выполнения которых сфагновый торф со степенью разложения 20 % разделяли методом мокрого ситового анализа (ячейки сита – 0,5 мм) на волокнистую и гумифицированную составляющие. Результаты этих исследований представлены на рис. 3.

Последующее озоление и анализ остатков растительных волокон и бесструктурной массы позволили определить содержание йода в выделенных фракциях. Как видно из рис. 3,

гумифицированная часть магелланикум- и апикулятум торфа обогащена йодом по сравнению с форменными остатками растений. Она содержит значительно больше йода, чем неразложившиеся растительные волокна.



Рисунок 3. Содержание йода в гумифицированной и волокнистой частях сфагновых торфов: а – магелланикум; б – апикулятум

Так, если твердый волокнистый остаток магелланикум-торфа содержит йода 3,6 мг/кг сухого вещества, то его гумифицированная часть – 7,5 мг/кг. Что касается мочажинного апикулятум-торфа, то при анализе его фракций также обнаруживается важная роль гуминовых веществ в связывании и аккумуляции йода при разложении остатков мхов в торфяной залежи. В этом случае остатки растительных волокон содержат йода 4,4 мг/кг, а гумифицированная часть торфа – 10,1 мг/кг сухого вещества.

Заключение

Таким образом, установлено, что сфагновые мхи и, еще в большей степени, сфагновые торфа являются аккумулятором биологически активного микроэлемента – йода. Уровень его содержания, как в сфагновых мхах, так и в торфе определяется их ботанической, геоботанической природой и региональными факторами. По уровню содержания йода сфагновые мхи существенно превосходят как травянистые болотные растения, так и сельскохозяйственные культуры, а сфагновый торф и торфяные почвы в свою очередь – минеральные почвы.

Литература

1. Renicainen O., Hau Kioja M. Sphagnum cultivation – booking into future // Peatlands. – 2005. – № 1. – P. 16–19.
2. Jooston H., Clarke D. Wise use of mires and peatlands. – Finland, 2002.
3. Плотникова З. М., Комиссаров И. Д. Специфика почвообразования в Сибири. – Новосибирск, 1979. – С.253–257.
4. Виноградов А. П. Геохимия редких и рассеянных химических элементов в почвах. – М., 1957. – 185 с.
5. Проскурякова Т. Ф., Никитина О. Н. Ускоренный вариант кинетического родонидно-нитритного метода определения микроколичеств йода в биологических объектах // Агрохимия. – 1976. – № 7. – С. 140–144.

IODINE IN SPHAGNUM MOSSES AND PEATS OF BELARUS DEPOSITS

A. E. Tomson, G. V.Naumova, N. L. Makarova, T. F. Ovchinnikova, N. A. Zhmakova

The article describes data on the content in sphagnum mosses and peats of such an important microelement as iodine which the Belarus soils lack. It is specific that iodine content level in sphagnum mosses greatly differs depending on their botanical type and growing conditions in a micro-relief, and in case with peat this index in great extent depends on its decomposition degree. It has been found experimentally that iodine in peat composition is bound with its humic complex. That's why a sphagnum peat is more reach in it with enhanced peat content.

АГРОХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ТОРФОВ ГОРНОГО АЛТАЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИХ В РАСТЕНИЕВОДСТВЕ

Л. Л. Шагаева*, М. В. Шурова**

*ФГУ САС «Горно-Алтайская», с. Майма, shagaeva26@mail.ru

** Горно-Алтайский научно-исследовательский институт сельского хозяйства, с. Майма, imergen@yandex.ru

Рассмотрена агрохимическая характеристика торфов северо-восточной части Республики Алтай. Показана перспектива использования торфов в растениеводстве путем их гранулирования.

Основным условием обеспечения стабильного развития агропромышленного комплекса Республики Алтай и важнейшим источником расширения сельскохозяйственного производства является сохранение, воспроизводство и рациональное использование плодородия земель сельскохозяйственного назначения. Плодородие почвы во взаимодействии с другими природными факторами составляет основу производительной силы земли, влияющей на эффективность производства сельскохозяйственной продукции и её себестоимость.

Сохранение почвенного плодородия земли и его рациональное использование при хозяйственной деятельности имеет огромное значение. Почвенное плодородие, являясь естественным условием интенсификации земледелия, способствует росту урожайности и валовых сборов сельскохозяйственных культур, имеет важное природоохранное значение, увеличивая ценность земель сельскохозяйственного назначения не только как объектов производственной деятельности, но и как компонентов биосферы.

Почва содержит в доступном растениям состоянии лишь очень малую часть общего запаса питательных элементов. Содержание этой усвояемой части, в свою очередь, подвержено сильным колебаниям в зависимости от хода микробиологических и химических процессов в почве, ее реакции (рН), влажности, аэрации и теплового режима, а равным образом и от динамики потребления соответствующих ионов растениями и микроорганизмами. Недостаток того или иного питательного вещества для возделываемых растений в почве восполняется внесением удобрений [1].

К пахотнопригодным почвам Республики Алтай следует отнести типичные и обыкновенные черноземы низкогорных речных долин, выщелоченные и оподзоленные черноземы, темно-серые лесные оподзоленные и лугово-черноземные почвы пологих склонов.

На черноземах, обладающих, как известно, высокой буферностью, низкие дозы минеральных удобрений обычно не только не оказывают столь пагубного влияния на почвенную биоту как на дерново-подзолистых почвах, но, напротив, способствуют росту численности микроорганизмов. Однако применение высоких доз минеральных удобрений снижает биологическую активность. Важно и то, что в составе микрофлоры получают заметное развитие группы и роды микроорганизмов, синтезирующие токсические вещества. И только совместное внесение навоза и минеральных удобрений снимает этот негативный эффект [1].

Таблица 1

**Среднестатистические данные по внесению органических и минеральных удобрений
в Республике Алтай за период 1995–2006 гг.**

Показатель	1995	2000	2003	2004	2005	2006
Органические удобрения, т/га	21	29	19	12	25	18
Минеральные удобрения, кг/га	52	70	30	41	58	33

Из табл. 1 видно, что удобрения вносятся каждый год по-разному. В 2003 и 2006 годах было внесено самое малое количество удобрений по сравнению с остальными годами. Максимум наблюдается в 2000 и 2005 гг.

С целью сохранения и улучшения плодородия почв, получения при этом экологически чистой и полноценной сельскохозяйственной продукции необходимо внесение удобрений, которые бы не содержали загрязняющих веществ, обеспечивали бы растения питательными элементами, стимуляторами роста и целенаправленно регулировали органо-минеральный баланс почв. Исходным сырьем для таких удобрений может служить агрохимическое сырье – торф, свойства которого во многом удовлетворяют вышеперечисленным требованиям [4].

Торф по своей природе и свойствам весьма многообразен, неоднородность его характерна не только для различных месторождений, но и в равной мере для различных горизонтов и участков одной торфяной залежи. Все это способствует получению из торфа разнообразных продуктов и препаратов, но в то же время предопределяет комплексность разработки торфяных месторождений с учетом природы и свойств слагающих видов [3]. Обязательной продукцией при разработке торфяного месторождения являются торфяные грунты и органо-минеральные удобрения.

Целью наших исследований является характеристика агрохимических свойств торфов Горного Алтая и перспектива использования их в растениеводстве.

Объектом исследования являются торфяные месторождения Республики Алтай: Турочакское, Чойское, Баланах Турочакского района. Месторождения были исследованы в экспедициях в 2007–2009 гг. Томским государственным педагогическим университетом, Горно-Алтайским государственным университетом, Горно-Алтайским НИИ сельского хозяйства СО РАН.

Торфа являются низинными и характеризуются высокой степенью разложения (28–40 %). По ботаническому составу торфа относятся к древесно-осокового, древесно-травяного, осокового, травяного состава с зольностью от 25,8 до 44,6 %, реакция среды кислая (рН 5,2–6,8). Содержание подвижных питательных элементов $N-NO_3^-$, $N-NH_4^+$, P_2O_5 , K_2O варьирует соответственно в следующих пределах: 32–46; 101–259; 36–107; 24–38 мг/100 г (табл. 2).

Таблица 2

Агрохимические характеристики торфов северо-восточной части Горного Алтая

Ботанический состав	Степень разложения, %	Зольность, %	рН сол.	Подвижные соединения, мг/100г			
				$N-NO_3^-$	$N-NH_4^+$	P_2O_5	K_2O
Древесный	40	44,6	6,8	46	235	36	38
Древесно-травяной	34	31,2	5,2	32	101	36	24
Осоковый	48	39,6	5,2	46	122	107	27
Травяной	28	25,8	5,6	34	259	79	33

Анализ многочисленных исследований свидетельствует об уникальных свойствах торфа как природного ионообменника, содержащего большое количество гуминовых веществ, органического азота, микроэлементов. Работами С. С. Драгунова, С. Н. Иванова, А. А. Куликовского, Л. М. Моноговой, К. В. Ряшенцева, С. И. Смольянинова, А. В. Тишкова показана перспективность разработки гранулированных торфоминеральных удобрений, позволяющая реализовать потенциальные возможности торфа, более экономно расходовать минеральные удобрения, получать растениеводческую продукцию лучшего качества и в значительной мере снизить экологическую нагрузку в условиях интенсивного земледелия [3].

Высокая адсорбционная способность торфа позволяет использовать его в качестве основы для получения различных органоминеральных и в том числе гранулированных удобрений, которые технологически более доступны для точного дозированного внесения и ориентированного размещения в пахотном слое почвы относительно высеваемых семян сельскохозяйственных культур. Торф препятствует выходу питательных веществ за пределы органоминеральной гранулы и предохраняет их от химической ретроградации, микробиологической иммобилизации и вымывания.

Гранулирование на торфяной основе коренным образом улучшает физические свойства удобрений и создает возможность применения их локальными способами, повышающими коэффициент использования элементов питания растениями из удобрений. Переход от существующего разбросного внесения удобрений на более прогрессивные технологии и способы локального внесения позволяет повысить эффективность органических удобрений на 15–35 %, органоминеральных при основном внесении под зерновые и другие культуры с малой площадью питания на 20–50 % и под культуры, выращиваемые широко-рядно, в 1,5–2,0 раза.

Значительное увеличение производства органоминеральных удобрений на торфяной основе будет способствовать повышению урожайности сельскохозяйственных культур и позволит более рационально использовать торф на удобрение [6].

В настоящее время существует множество органоминеральных удобрений на основе торфа, в которых в качестве добавок используют птичий помет, минеральные – NPK, микроэлементы, раскисляющие агенты опилки; растительные отходы лекарственных трав; природный цеолит; бурый уголь; сланцевую золу; хитин или его производные; шелуху арахиса.

Выводы

1. По содержанию азота аммиачного древесный и травяной виды торфов обладают высоким содержанием – 235 и 259 мг/100 г соответственно. Древесно-травяной и травяной виды торфа отличаются низким содержанием азота нитратного – 32 и 34 мг/100 г соответственно.
2. Травяной и осоковый виды низинных торфов отличаются достаточно высоким содержанием подвижного фосфора – 80 и 70 мг/100 г соответственно. Однако содержание калия в низинных торфах низкое (24–38 мг/100 г).
3. Изученные торфа могут быть использованы для приготовления гранулированных органоминеральных удобрений, которые позволят повысить урожайность сельскохозяйственных культур в Республике Алтай.

Литература

1. Ягодин Б. А., Жуков Ю. П., Кобзаренко В. И. Агрохимия. – М.: Колос, 2004.
2. Безуглова О. С. Новый справочник по удобрениям и стимуляторам роста: Серия «Справочники». – Ростов на Дону: Феникс, 2003. – 384 с.
3. Вирысов Г. П. Физические и технологические основы производства экологобезопасных гранулированных торфоминеральных удобрений. Автореф. дис. ... канд. биол. наук. – Минск, 1992.
4. Инишева Л. И., Дементьева Т. В. Фракционный состав органического вещества низинных торфов // Торф в сельском хозяйстве. – Томск, ЦНТИ, 1997.
5. Лаухин Н. Д. Справочник по сельскому хозяйству Республики Алтай. – Горно-Алтайск: Алтайстат, 2008.
6. Органические удобрения в интенсивном земледелии / В. А. Васильев, И. И. Лукьяненко, В. Г. Минеев [и др.]; Под ред. В. Г. Минеева. – М.: Колос, 1984. – 303 с.

7. Шурова М. В., Ларина Г. В., Васильченко В. В. Агрохимические свойства торфов Турочакского района Республики Алтай // Мат-лы 4-й Междунар. конф. «Аграрная наука – сельскому хозяйству». – Барнаул, 2009. – Т. 2. – С. 459–463.

**AGROCHEMICAL PEAT PROPERTIES GORNY ALTAI
AND PROSPECTS FOR THEM IN PLANT**

L. L. Shagaeva, M. V. Shyrova

We consider the agrochemical characteristics of peat north-eastern part of the Altai Republic. The prospects of the use of peat land in the planted by their granulation.

ПОДСТИЛКИ ЛЕСНЫХ, ТРАВЯНЫХ И БОЛОТНЫХ ЭКОСИСТЕМ

С. В. Шибарева

Институт почвоведения и агрохимии СО РАН, Новосибирск, argenta@issa.nsc.ru

Сравниваются запасы подстилок и аккумулированных в них элементов питания в различных экосистемах. Подстилки ельника и сфагнового болота имеют близкие запасы, но резко отличаются по количеству депонированных элементов питания. Все подстилки, кроме очеса сфагновых болот, обеднены калием, который легко выщелачивается.

В любой экосистеме подстилка играет значительную роль в круговороте углерода, азота и зольных элементов. Лесные подстилки достигают большой мощности и рассматриваются как почвенный горизонт. Экологи выделяют в лесной подстилке три слоя: AOL – неразложившийся опад, AOF – ферментативный слой неидентифицированных растительных остатков, AOH – гумусированный слой. Подстилки травяных экосистем тонкие, рыхлые и состоят обычно из смеси слоев AOL+AOF.

Какой же компонент является подстилкой в сфагновых болотах?

Сверху на поверхности мха лежат остатки цветковых растений. Они, конечно, включаются в подстилку. Однако основную часть мортмассы, еще не перешедшей в торф, составляет очес, т.е. уже отмершие, но стоящие стебли сфагновых мхов. Морфологически эту часть мортмассы трудно назвать подстилкой, так как она не отделена от живой фитомассы. Однако функционально очес подобен подстилке, так как это мертвая, разлагающаяся фитомасса – уже не живое растение, но еще не торфяная почва. В связи с такими свойствами очеса есть согласие между экологами, изучающими болотные экосистемы, считать очес болотной подстилкой.

Представляет интерес сравнить запасы подстилок и депонированных в них элементов питания в экосистемах различного типа в пределах одного климатического пояса.

В зоне умеренного климата в Европе есть хвойные и широколиственные леса, пойменные и материковые луга, сфагновые и травяные болота. Наши собственные исследования проводились на сфагновом и травяном болоте Польши [1, 2, 3]. Данные по лесам и лугам приводятся в табл. 1 по [4].

Таблица 1

Запасы подстилки, т/га, и депонированных в ней элементов питания, кг/га, в экосистемах Европы

Местоположение	Тип экосистемы	Подстилка	Элементы				
			N	P	K	Ca	Si
Беларусь, 54°36' с.ш.	Ельники	20,4	264	21,0	42	238	–
Болгария, Россия, 41°52' с.ш.	Широколиственные дубовые леса с липой, грабом, ясенем	9,0	149	12,0	27	193	105
Россия, Чехия, 61°50' с.ш.	Материковые злаково-осоковые и злаково-разнотравные луга	2,7	35	3,5	13	24	18
Польша, 54°02' с.ш.	Травяное осоковое болото	16,6	203	24,9	45	48	–
Польша, 54°02' с.ш.	Пушицево-сфагновое болото	22,0	121	10,3	115	47	–

Наибольшим количеством подстилки характеризуются ельники и пушицево-сфагновое болото, наименьшим – луга. Запасы же подстилки в широколиственных лесах, которые часто окружают болота в Европе, не превышают 9 т/га.

Высокий запас подстилки в травяном болоте связан с его строением. Для рельефа болота характерны большие кочки, на которых основу травостоя составляет высокая осока *Carex elata*. На площадке 100 м² находятся 120 довольно больших кочек, 50 % которых имеют диаметр 60–40 см. Общая площадь, занятая кочками, составляет 40 % от площади болота. Основные запасы надземной фитомассы (90 %) приурочены к кочкам. В составе надземной фитомассы превалирует подстилка, вклад которой в фитомассу на кочках достигает 43 %.

Очень высокий запас очеса в пушицево-сфагновом болоте связан с плотным моховым покровом между небольшими кочками, где доминирует пушица.

Высокие запасы подстилки на травяных болотах зарегистрированы также в Сибири, в Барабинской низменности: от 7 до 9 т/га в светлуховом и осоково-светлухово-вейниковом болотах. Запасы очеса вместе с моховой подстилкой в сфагновых болотах средней и южной тайги Западной Сибири достигают 18–20 т/га [5].

Таким образом, масса подстилки в травяных болотах и в широколиственных лесах меняются в одних и тех же пределах. Запасы подстилки в сфагновых болотах и ельниках очень близки. Количество элементов, депонированных в подстилках, зависит от запасов подстилки и содержания в ней соответствующих элементов.

При одинаковом запасе подстилок в ельниках и сфагновом болоте количество N, аккумулированного в подстилке ельника, в два раза выше, чем в подстилке болота. Известно, что N накапливается в лесных подстилках [4] за счет азотфиксации и развития грибного мицелия. Очес же обеднен азотом, так как перекачивается при отмирании стебля во вновь растущие ткани [1]. Высокий запас азота в подстилке травяного болота связан с составом травостоя, в котором много видов, богатых азотом. Высокое содержание P в травяном осоковом болоте, также как и N, определяется видовым составом растительности.

Все подстилки, кроме очеса сфагнового болота, обеднены калием, который легко выщелачивается из мертвой фитомассы. Обогащенность и живой и мертвой фитомассы калием – отличительная черта пушицево-сфагнового болота в Польше, что связано, вероятно, с видовыми особенностями доминанта – *Sphagnum fallax*.

Оба польских болота отличаются очень низкими запасами Са в подстилках, что уже отмечалось ранее [2]. Низкие запасы Са характерны не только для подстилки, но и для живой надземной и подземной фитомассы.

Таким образом, подстилки лесов и болот одной зоны могут быть очень близки по запасам органического вещества и отличаться по аккумуляции элементов питания. Эти отличия определяются водным режимом подстилок, химическим составом растений, из мертвых частей которых состоит подстилка, и особенностями климатических условий местности.

Литература

1. Bienkowski P., Titlyanova A. A., Shibareva S. V. Chemical properties of litter of forest and grassland ecosystems: transect studies in Siberia (Russia). – 2006 – Polish J. of Ecology, V. 54, N 1. – P. 91–104.
2. Миронычева-Токарева Н. П., Шибарева С. В., Громадка П. Запасы фитомассы и депонированных в ней элементов питания в травяном болоте Польши // Сибирский экологический журнал. – 2009. – №2. – С. 261–267.
3. Биеньковски П., Титлянова А. А., Диттвалд Э., Шибарева С. В. Изменение элементного состава фитомассы сфагновых мхов в процессе торфообразования // Вестник ТГПУ. Серия: Биологические науки. – 2008. – Вып. 4(78). – С. 30–34.
4. Базилевич Н. И., Титлянова А. А. Биотический круговорот на пяти континентах: азот и зольные элементы в природных наземных экосистемах. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2008. – 381 с.

5. Косых Н. П. Болотные экосистемы таежной зоны Западной Сибири: фитомасса и продукция: Автореф. ... канд. биол. наук. – Томск, 2003. – 23 с.

LITTERS IN FORESTS, GRASSLANDS AND MIRES

S.V. Shibareva

This paper considers storage of litter and nutrients accumulated in them in different ecosystems/ the litters of spruce forests and sphagnum bogs are characterized by the similar storages of organic matter and dramatic difference in the quantities of accumulated nutrients. All litters except a few are depleted of K which is leaching from dead phytomass.

ENTOMOPATHOGENIC FUNGI OF GRASSLANDS AND PEATLANDS IN THE MODERATE AND SEVERE CLIMATIC CONDITIONS

S. Bałazy, L.W. Szajdak

Institute for Agricultural and Forest Environment, Polish Academy of Sciences, Poznań, Poland,
bałazy@man.poznan.pl, szajlech@man.poznan.pl

Despite almost 200 years' investigations aimed at recognition of the diversity and significance of the fungi pathogenic to insects and other arthropods, only some agricultural and managed forest areas have so far been more intensively explored in this respect, though very unevenly in particular regions and countries.

The scarcest data come from polar and subpolar regions, high mountains and deserts. According to the investigations in several European countries (Germany, England, France, Poland) the swamps and peatlands keep buried relatively rich teams of entomopathogenic fungi, that differ conspicuously from those of arable land and managed forests, with significant participation of transitional species from groups capable to infect both arthropods and lower invertebrates – grouped in so called “non-entomopathogenic entomophthorales”, but also among clavicipitalean anamorphs. It should be very interesting to extend more precise studies on the local and big peatland areas within a separate research project, in order to recognize possible environmental and trophic links between the invertebrates and their fungal pathogens in these peculiar sites under severe climate conditions. I would like to declare my participation in such research.

FUNCTIONING OF ORGANIC SOILS UNDER RESTORATION PRACTICES

P. Bartmiński, R. Dębicki

Department of Soil Science, Institute of Earth Sciences, Maria Curie-Skłodowska University in Lublin, Poland,
email: pbartminski@gmail.com

In the second half of the past century, many peatlands in Poland were strongly modified or degraded by melioration (drainage) practices that were aimed to enable agricultural and forestry use of the previously boggy areas. At present, the efforts are made on drained objects to restore natural habitat conditions [3].

The research was carried out in 2006-2008, in selected points that represented the most typical sites of "Miedzyrzeki" peatland. The peatland, located in south-eastern Poland, is a small (96 hectares) ombrogenic object, characterized by peat thickness not exceeding 1.5 meters. Existing watercourses cut peat bed till mineral underlying material. The peatland was drained nearly forty years ago, in order to allow forest management. At the end of the century, restoration practices were carried out, which mainly involved filling up drainage ditches. Old forest railway embankment was also used. The practices aimed at restoring habitat conditions from before drainage reclamation [1].

The goal of this work is to find out whether 10 years from the beginning of restoration it is possible to observe boggy process reappear. The attempt was also made to find relationships between methane as well as carbon dioxide and habitat conditions.

Following parameters were measured: groundwater level, soil oxidation-reduction potential, soil moisture, cellulose decomposition rate, emissions of methane and carbon dioxide from soil surface [2, 4].

Groundwater level noted during research period was relatively high, it was also characterized by slightly marked seasonal dynamics. High water table level is undoubtedly connected with slowing down of rainwater outflow from the considered area. Values of redox potential were typical for non-degraded objects at the depth of 50 cm, in the surface layers potential stayed at a high level. It was stated, that cellulose decomposition rate observed on the object was slow. Emissions of chosen gases from soil surface were differentiated, in some research points higher share of CO₂ was noted while in others methane prevailed. First one is typical for aerobic decomposition of organic matter, the latter may be considered as a sign of anaerobic conditions in soil [2].

After research, it may be stated that 10 years from the beginning of restoration it is impossible to undoubtedly observe all the symptoms of boggy process [4, 5]. The object studied needs further monitoring, however, several interesting observations, indicating positive changes, were made.

References

1. Bartoszewski S., Burlikowska I., Kraczek J., Tittenbrun A. (1996). Changes in water conditions of southern part of Roztoczański National Park and their restoration problems. *Ann. UMCS*, B, 51: 87–96 [in Polish].
2. Charman D. (2002). *Peatlands and environmental change*, 301 pp. John Wiley & Sons.
3. Ilnicki P. (2002). *Torfowiska i torf (Peatlands and peat)*, 606 pp. AR Poznań.
4. Tiner R. (1999). *Wetland indicators. A guide to wetland identification, delineation, classification, and mapping*, 392 pp. Lewis Publishers.
5. Richardson J. L. and Vepraskas M. J. (2001). *Wetland soils. Genesis, hydrology, landscapes and classification*, pp. 85–106. Lewis Publishers.

SOME PROPERTIES OF ORGANIC MATTER FROM BOTTOM-LAKE DEPOSITS OF NORTH-EASTERN POLAND

A. Lachacz, B. Kalisz, M. Nitkiewicz

Department of Soil Science and Soil Protection,
University of Warmia and Mazury in Olsztyn, Poland, andrzej.lachacz@uwm.edu.pl

In Poland peat deposits are frequently underlain by bottom-lake deposits, which are also termed gyttja or sapropel deposits. Sapropel is a freshwater deposit consisting of organic matter with admixture of fine mineral particles [1]. Normally it is found at the bottom of water bodies. As a result of artificial drainage of lakes and lake-side peatlands, sapropel deposits are exposed at the ground surface and aerobic soil-forming processes are commenced [2]. In the north-eastern part of Poland ca. 200 such sites with sapropel deposits of the total area of 8000 ha are known. They consist of sapropel deposits from the surface or shallow peat layer (thickness less than 30 cm) is present at the surface [4]. The aim of this study was to characterise organic matter of some soils formed from bottom-lake deposits.

The sapropel deposits were classified based on the content of three main components, i.e. organic matter (determined as weight loss on ignition), calcium carbonate, and non-calcareous mineral fraction (ash). The most common are organic sapropel deposits (detrital and algal), but mixed deposits – detrital-calcareous, clay-calcareous are also present. Soil samples were taken from surface and subsurface horizons. For isolation of humus fractions a procedure introduced by Dabin was applied [3]. First the light organic fragments were separated by 2 M phosphoric acid, which additionally removed the carbonates. It enables the quantification of unbound fulvic acids. Then 0.1 M sodium diphosphate and 0.1 M sodium hydroxide were used. Humic acids of sodium diphosphate and sodium hydroxide were separated from fulvic acids by acidification at pH 1 with 2 M hydrochloric acid. In the end, the following fractions were obtained: free fulvic acids, diphosphate fulvic acids, diphosphate humic acids, soda fulvic acids, soda humic acids. The insoluble fraction (humins) predominated in the soil organic matter. In the alkali soluble fraction, the fulvic acid fraction prevailed over humic acids.

References

1. Berglund K. 1996. Properties of cultivated gyttja soils. *International Peat Journal*, 6: 5-23.
2. Chmielewski J., Zeitz J. 2008. Gyttja-bearing soils in Northern Europe: formation and pedogenesis. *Proceedings of the 13th International Peat Congress-Tullamore, Ireland, 8-13 June 2008*, Vol. 2: 5-7.
3. Dabin B. 1971. Étude d'une méthode d'extraction de la matière humique du sol. *Sciences du Sol* 47: 47-63.
4. Uggla H. 1964. Gyttjaböden in Nordpolen. *Transactions of the 8th International Congress of Soil Science, Bucharest, Romania*, Vol. 5: 619-633.

DEVELOPMENT OF SMALL WATER-MIRE BASINS IN DURY RESERVE, NW POLAND

K. Milecka G. Kowalewski

Department of Biogeography and Paleoecology, Adam Mickiewicz University, Poznan, Poland,
milecka@amu.edu.pl

Dury Reserve is located in Tuchola Forest, NW Poland. It consists of five small water-mire basins, which developed since the last glaciation. Geological and palaeoecological research was done to reveal stages of this development and describe changes of regional and local plant communities. Climatic and water level changes were considered.

Geological research revealed sequence of gyttja and peat layers accumulated as a result of lakes and mires existence. Pollen and plant macrofossil analyses let us to trace the development of regional plant cover and development of local water-mire ecosystems.

The bottom layer of the sediments reveals the vegetation at the hot period of Late Glacial, probably in the end of Alleröd. A pine forest dominated then with lower proportion of birch and light demanding herbaceous plants like Poaceae, *Artemisia*, *Rumex* and Cichorioidae. Younger Dryas is seen in the diagram very clearly with the high content of *Juniperus* pollen grains (ca 15%) and *Betula* (up to 55%). NAP exceed 20% because of numerous pollen grains of Poaceae, *Artemisia*, Chenopodiaceae, *Rumex* and Ranunculaceae.

Diminish of the curve of herbaceous plants signs the beginning of Holocene. Preboreal Period is mirrored in a very thin layer of sediments. High curve of *Betula* is still there, but *Pinus* pollen grains are more frequent instead of *Juniperus* and NAP. Density of the forest was growing then in comparison with the late glacial time.

The upper part of the core shows the accumulation of sediments in the time of great importance of deciduous forest at the area of Bory Tucholskie. At first *Corylus* immigrates and content of its pollen grains creates the highest curve. Later mesophilous trees like *Quercus*, *Ulmus*, *Tilia* and *Fraxinus excelsior* were more frequent. In the middle of Subboreal Period the proportion of *Corylus*, *Quercus* and *Alnus* decreased and *Carpinus* and *Pinus* were the trees of greater importance.

There was no intensive human activity at the area surrounding Dury peatbog. The pollen diagram shows strong anthropogenic pressure on plant cover as late as in the uppermost part only. Since the Neolithic one can observe single or not numerous pollen grains of cultivated plants or pasture indicators. Bory Tucholskie were penetrated then, but settlement was not long lasting and frequent and signs of human activity came from sites of greater distance. More intensive economy of last centuries is reflected in several upper spectra mainly by content of pollen grains of *Artemisia*, Chenopodiaceae, *Plantago lanceolata*, *Rumex* and *Secale*.

The bottom part of the pollen diagram is probably not the beginning of the existing of organic sediments basin. High *Pediastrum* curve suggests the lake was formed some time before the accumulation of the oldest part of the core sediments. At the depth of 575 cm a clear change is marked. The lake finished its existence and bog was formed at the place of research core. Accumulation rate is much bigger in the upper part of core at the time of peatbog functioning. Sporomorphs of *Sphagnum*, *Drosera rotundifolia* and *Lycopodium clavatum* proves an oligotrophy of all the wetland area within Dury Reserve. In two short periods of lower water level, local culmination of *Calluna vulgaris* occurred. Probably the less density of forest caused growing level of groundwater and rapid development of *Sphagnum* communities. The research is still going on.

IMPACT OF DIFFERENT SECONDARY TRANSFORMED PEAT-MOORSH SOILS ON THE UREASE ACTIVITY IN ACROTELM AND CATOTELM¹

L.W. Szajdak, K. Styła

Institute for Agricultural and Forest Environment Polish Academy of Sciences, Poznań, Poland,
szajlech@man.poznan.pl, styła.katarzyna@gmail.com

Peat has traditionally been characterized in the Russian literature as possessing a hydrologically active, low-density upper layer, and a higher density, hydrologically inactive lower layer. The upper layer as the acrotelm and the lower layer as the catotelm were called. The acrotelm contains roots and decomposing plant material, typically possesses a relatively a high hydraulic conductivity ($\sim 1 \text{ cm s}^{-1}$), and crucially is defined as the zone through which the water table fluctuates. The catotelm is the water saturated anaerobic zone that comprises layers of defense peat with small pore spaces and hydraulic conductivity 3-5 orders of magnitude lower [1]. The chemical composition of peat depends on the geobotanical conditions of its formation and on the depth of sampling. After mire drainage, peat-forming process is substituted by the process of cultural soil formation characterized by mineralization, deeper humification and transformation of matter, which results in the enrichment of peat soil plowing layers with humus particles in the course of their exploitation. Peat decomposition degree increases up to 50-70%. This leads to the formation of a new group of soils, that so called earth-like mire soils or according to the classification by Okruszko true moorshes [2].

The investigations were carried out on the transect of peatland 4.5 km long, located in the Agroecological Landscape Park host D. Chłapowski in Turew (40 km South-West of Poznań, West Polish Lowland). The sites investigation were located along Wyskoć ditch. The following material was taken from four chosen sites marked as Zbęchy, Bridge, Shelterbelt and Hirudo in two layers: acrotelm (0-50 cm) and catotelm (50-100 cm). The object of this study was to characterize urease activity in two layers (acrotelm and catotelm) of the four different peat-moorsh soils used as meadow. Urease activity in soils was determined by Hoffmann and Teicher method [3].

The highest activities of urease was observed in Hirudo and whereas the lowest in Shelterbelt. Activities of this enzyme ranged from 15.36 to 34.49 $\mu\text{mol urea h}^{-1} \text{ g}^{-1}$. Higher activities of urease were measured on the depth 0-50 cm (from 22.32 to 34.49 $\mu\text{mol urea h}^{-1} \text{ g}^{-1}$) in comparison with the depth 50-100 cm (from 15.36 to 32.49 $\mu\text{mol urea h}^{-1} \text{ g}^{-1}$).

References

1. Daniels, S. M., Agnew, C. T., Allot, T. E. H. & Evans, M. G. 2008. Water table variability and runoff generation in an eroded peatland, South Pennines, UK. *J. Hydrol.*, 361, 214–226.
2. Szajdak, L., Szczepański, M. & Bogacz, A. 2007. Impact of secondary transformation of peat-moorsh soils on the decrease of nitrogen and carbon compounds in ground water. *Agronomy Research*, 5/2, 189–200.
3. Wyczółkowski, A. I. & Dąbek-Szreniawska, M. 2005. Enzymes participating in organic nitrogen mineralization. In Russel, S., Wyczółkowski, A.I. (Eds). *Methods of the determination of enzymes activity in soil. Acta Agroph.*, 120/3, 37–61 (in Polish).

¹ Acknowledgements: This work was supported by a grant No. N N305 3204 36 founded by Polish Ministry of Education

ACTIVITIES OF ENZYMES PARTICIPATION IN REDOX POTENTIAL IN THE TWO DEPTHS OF TAGAN PEATLAND¹

L.W. Szajdak*, L.I. Inisheva**, T. Meysner*, W. Gaca*, K. Styła*

* Institute for Agricultural and Forest Environment, Polish Academy of Science, Poznań, Poland,
szajlech@man.poznan.pl

**Testing Agroecology Laboratory, Tomsk State Pedagogical University, Tomsk, Russia, inisheva@mail.ru

The redox potential is a critical environmental factor because it governs the chemical and biochemical form of many compounds and their availability for plants and soil microorganisms. Soil organic matter transformation is strongly effected by the activities of soil microorganisms, which use many enzymes in their metabolic pathways. As is well known, the role of enzymes in coupling reactions leading to polymerization is limited to the oxidation of the substrates.

Soils samples were taken from four places marked as No 1, 2, 3 and 4 each from two depth 0–25 and 50–75 cm of the peatland Tagan. Peatlands Tagan is located near Tomsk, West Siberia, Russia. Place No 1 in both layers represents grasses peat with the degree of the decomposition ranged from 25 to 35 % (pH 6.31–7.95). Point 2 is characterized by wooden and wooden grasses peat with 35 % degree of the decomposition (pH 5.16–9.31). There is buckbean peat in the points 3 and 4 (pH 6.4–6.49). However, 1,5 m depth of sapropel is located in point 4.

Dissolved organic matter and total organic matter, reductase, xanthine oxidase, phenol oxidase and peroxidase activity were determined in the soil samples. It is known that organic matter is capable of inducing reduction and oxidation reactions, hence affecting the redox system in the environment. Our research showed that the dissolved organic carbon concentration ranged from 5,67 to 10,92 g kg⁻¹ and total organic matter from 314,0 to 436,8 g kg⁻¹ in all of sampling.

Nitrate reductase is enzyme involved in the process of denitrification. Nitrogen present in the structure of this enzyme acts as a terminal acceptor of electrons instead of molecular O₂ by bacteria and is irreversible once NO is formed. The investigation has shown that nitrate reductase activity in the soils reached from 0.11 to 0.68 µgN 24h⁻¹ g⁻¹ in all of sampling. An important role in redox processes in soil plays xanthine oxidase. This enzyme is a metal-flavoprotein containing FAD, molybdenum and iron in the ratio of 2:2:8. Xanthine oxidase is the last enzyme in the pathway of the degradation of purine derivatives from nucleic acids and is assumed to be a rate-limiting step in purine metabolism. These studies indicated that xanthine oxidase activity in the soils increased with depth and ranged from 22,93 to 40,43 µmol h⁻¹ g⁻¹ at 0–25 cm and from 33,61 to 54,75 µmol h⁻¹ g⁻¹ at 50–75 cm depth in all of sampling. Similar trend was shown for the activity of phenol oxidase and peroxidase in the points 2, 3 and 4. The phenol oxidase is enzyme that catalyzes the oxidation of phenolic compounds to quinones, participates in the formation of humic acids, and indicates the capacity of the microflora degrade recalcitrant organic substances. These studies indicated that phenol oxidase activity ranged from 10,85 to 15,77 µmol h⁻¹ g⁻¹ at 0–25 cm and from 6,18 to 46,01 µmol h⁻¹ g⁻¹ at 50–75 cm depth. Peroxidases are present in natural soil, and may originate from microorganisms, plants or other organisms. This enzyme catalyzes the oxidation of phenols and aromatic amines in the presence of hydrogen peroxide as an electron acceptor in the reactions. It was observed that activity of peroxidase was from 1,50 to 6,64 nmol h⁻¹ g⁻¹ at 0–25 cm and from 4,30 to 7,52 nmol h⁻¹ g⁻¹ at 50–75 cm depth in all of sampling. In the soil profiles activity of xanthine oxidase, phenol oxidase and peroxidase increased with depth in the points 2, 3 and 4.

¹ Acknowledgements: This work was supported by a grants No. N N305 3204 36; N N305 121934 founded by Polish Ministry of Education and by RFFR (№№ 09-05-00235, 09-05-00395), Minister of Education and Science (№ 02.740.11.0325).

NATURAL PHYTOHORMONE – INDOLE-3-ACETIC ACID IN PEATS, SUBSTRATES FOR HORTICULTURE AND POMOLOGY¹

L.W. Szajdak*, V. Maryganova**

* Institute for Agricultural and Forest Environment, Polish Academy of Sciences, Poznań, Poland,
szajlech@man.poznan.pl

** Institute for Problems of Natural resources Use and Ecology, National Academy of Sciences of Belarus, Minsk,
Belarus, vmaryganova@mail.ru

The content of indole-3-acetic acid (IAA) in different kinds of horticultural and pomology substrates and different kind of peats was measured. In commercial substrates the highest content of IAA was determined in substrate prepared on the basis of vermicompost, manure and poultry litter. The content of IAA in this substrate was equal to 3417,8 $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ of dry mass. High content of IAA was also measured in substrates prepared from waste products and sewage sludge. For these substrates the concentrations of IAA ranged from 323,9 to 373,9 $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$. However low contents of IAA was determined in substrates including high moor peat, clay and perlite. In these materials the quantities of IAA ranged from 171,1 to 273,9 $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$. The lowest content of this auxine was determined in new kokos and was equal to 101,8 $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$. However the substrate containing different kind of peats characterized also by the lowest quantity of IAA. In this substrate the content of IAA was equal to 102,7 T $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$. This material growing media is used in the basis for substrates for flower and vegetable cultivation.

It was observed that the content of IAA for peat samples depends on the kind of peat. The highest amount of the IAA content was determined for high-moor Pine Sphagnum and Eriophorum Sphagnum peats with the decomposition degree (R) of 30-35 % (185,2–210,2 $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$). In all other peat samples the IAA content was ranged from 108,6 to 144,2 $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$.

The highest concentrations of IAA was determined in commercial substrate prepared on the basic of vermicompost, manure and poultry litter. High moor peat represented high content of IAA but than low moor peat from all countries revealed the lowest concentrations of IAA. The concentrations of IAA in low moor peats were similar to determined in the substrate with new kokos.

¹ Acknowledgements: This work was supported by a grant No. N N305 3204 36 founded by Polish Ministry of Education.

FUNCTION OF PEATLAND LOCATED ON SECONDARY TRANSFORMED PEAT-MOORSH SOILS ON THE RATES OF THE ELUTION OF ORGANIC MATTER¹

L. W. Szajdak, M. Szczepański

Institute for Agricultural and Forest Environment, Polish Academy of Science, Poznań, Poland,
szajlech@man.poznan.pl

The investigation of peatland is used to show the water quality functioning with respect to different forms of nitrogen and carbon. The purification of ground water by the transect of 4,5 km long consisting organic soils (peat-moorsh soils) was estimated. This transect is located in the Agroecological Landscape Park in Turew, 40 km South-West of Poznań, West Polish Lowland. There is this transect along Wyskoć ditch. pH, the contents of total and dissolved organic carbon were measured. Peat-moorsh soils were described and classified according to Polish hydrogenic soil classification and World Reference Base Soil Notation.

There are four investigated points along to Wyskoc ditch. Two times a month during entire vegetation season the following material was taken from this four chosen sites:

- samples of peat, from the depth of 0–20 cm,
- samples of ground water from wells established for this investigation.

The elution of soil organic matter from peat-moorsh soils in broad range of pH and ionic strength was investigated. The rates of the reaction were calculated from the kinetics of first order reaction model. All experiments were repeated at different pH 6,0; 6,5; 7,0; 8,0; 8,5 of 0,5 M ammonium acetate buffer solution. The investigations have shown the impact of the properties of secondary transformed peat-moorsh soils on the rates of the dissolution of organic matter.

The rates of organic matter elution for all samples of peats were significant different at four used wavelengths $\lambda=272$ nm, $\lambda=320$ nm, $\lambda=465$ nm, and $\lambda=665$ nm. It was observed that the rates increased between $\lambda=272$ nm and $\lambda=320$ nm and decreased from $\lambda=465$ nm to $\lambda=665$ nm. Although, the lowest values of the pseudo first-order rate constants measured at $\lambda=665$ nm for all samples of peats from four places ranged from $1,9524 \cdot 10^{-4} \text{ s}^{-1}$ to $2,7361 \cdot 10^{-4} \text{ s}^{-1}$.

¹ Acknowledgements: This work was supported by a grant No. N N305 3204 36 founded by Polish Ministry of Education

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
ПРИВЕТСТВИЕ ПРЕДСЕДАТЕЛЯ НАЦИОНАЛЬНОГО ТОРФЯНОГО КОМИТЕТА РФ	
В. Н. ПАХОМОВА.	5
К 105-ЛЕТИЮ СЕРГЕЯ НИКОЛАЕВИЧА ТЮРЕМНОВА	6

ЧАСТЬ I. ЛЕКТОРСКИЙ СИМПОЗИУМ

РАСХОД ВЛАГИ С ОСУШЕННЫХ ЛЕСНЫХ БОЛОТ	
Б. В. Бабиков	11
К ВОПРОСУ ОПТИМИЗАЦИИ МИНЕРАЛЬНОГО ПИТАНИЯ	
КУЛЬТУРНЫХ РАСТЕНИЙ НА БОЛОТНЫХ ПОЧВАХ	
В. К. Бахнов.	14
ОБ ИССЛЕДОВАНИИ РАСТИТЕЛЬНОГО ПОКРОВА	
БОЛОТ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ	
Н. А. Березина	21
ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ БИОГЕОЦЕНОЛОГИЯ	
КАК ОСНОВА ОЦЕНОК БИОСФЕРНОЙ РОЛИ ЛЕСОВ И БОЛОТ	
С. Э. Вомперский	24
О МЕТОДЕ «ОБРАТНОЙ ЗАДАЧИ» ИЗМЕРЕНИЯ ИНТЕНСИВНОСТИ	
ГАЗООБМЕНА НА ГРАНИЦЕ ПОЧВА/АТМОСФЕРА	
М. В. Глаголев, А. Ф. Сабреков	31
ВЛИЯНИЕ АЭРАЦИИ И ТЕМПЕРАТУРЫ НА СТРУКТУРУ	
И ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ МИКРОБНЫХ КОМПЛЕКСОВ	
ВЕРХОВОГО ТОРФЯНИКА (МОДЕЛЬНЫЕ ОПЫТЫ)	
А. В. Головченко, Т. Г. Добровольская, О. С. Кухаренко,	
Т. А. Семёнова, О. Ю. Богданова, Д. Г. Звягинцев	36
ОЦЕНКА СОСТАВА МЕТАНОГЕННЫХ АРХЕЙ В ТОРФЯНЫХ ПОЧВАХ	
С ПОМОЩЬЮ ПЦР-ДГГЭ ТЕХНОЛОГИИ	
А. К. Кизилова, М. В. Чистотин, И. К. Кравченко	42
ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ БОЛОТ	
ЗАПАДНОГО ПОЛЕСЬЯ В СБАЛАНСИРОВАННОМ РАЗВИТИИ	
В. В. Конищук	47
БИОГЕОХИМИЧЕСКИЙ КРУГОВОРОТ В БОЛОТНЫХ ЭКОСИСТЕМАХ	
Н. П. Косых, Н. П. Миронычева-Токарева, Е. К. Вишнякова	52
МИКРОСКОПИЧЕСКОЕ НАСЕЛЕНИЕ СФАГНОВЫХ БОЛОТ:	
СОСТАВ И СТРУКТУРА СООБЩЕСТВ	
Ю. А. Мазей.	58
ДВЕСТИ ЛЕТ БОЛОТНОЙ МЕЛИОРАЦИИ	
Б. С. Маслов	65
ИЗМЕНЕНИЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ТОРФЯНЫХ ПОЧВ	
ЗАПАДНОЙ СИБИРИ ПРИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОМ ИСПОЛЬЗОВАНИИ	
А. С. Моторин, Ю. В. Сивков	70
ТОРФЯНЫЕ БОЛОТА – АККУМУЛЯТОРЫ И ИСТОЧНИКИ	
ПАЛЕОЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ	
Н. К. Панова, Т. Г. Антипина	75
ПРЕДСТАВЛЕНИЯ О СТРУКТУРЕ ТВЕРДЫХ ГОРЮЧИХ ИСКОПАЕМЫХ	
НА ОСНОВАНИИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ МЕТОДА ЭПР	
С. Г. Прохоров	80
РАСТИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ IN VITRO ДЛЯ ТЕСТИРОВАНИЯ	
БИОЛОГИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ ПРЕПАРАТОВ ИЗ ТОРФА	
О. А. Рожанская	89
РЕГУЛЯТОРНОЕ ВЛИЯНИЕ КОРМОВОЙ ДОБАВКИ ГУМИНОВОЙ ПРИРОДЫ	
НА ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ СОСТОЯНИЕ ОРГАНИЗМА ПРОДУКТИВНОЙ ПТИЦЫ	
Л. М. Степченко, Е. А. Лосева, М. В. Скорик, Е. В. Гончарова,	
Л. И. Галузина, Т. В. Семидетная.	94
ЭФФЕКТИВНОСТЬ ТОРФА И ПРОДУКТОВ НА ЕГО ОСНОВЕ	
В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ	
В. Г. Сычев, О. А. Шаповал, Г. Е. Мерзлая, И. П. Можарова	100

МИКРОЭЛЕМЕНТНЫЙ СОСТАВ ТОРФОВ БАКЧАРСКОГО БОЛОТА В. А. Степанова, Н. Г. Коронатова	105
РОЛЬ ПОДЗЕМНЫХ ОРГАНОВ В КРУГОВОРОТЕ УГЛЕРОДА В БОЛОТНЫХ ЭКОСИСТЕМАХ А. А. Титлянова	109
ПАРАМЕТРИЗАЦИЯ БОЛОТ В МОДЕЛИ ЧИСЛЕННОГО ПРОГНОЗА ПОГОДЫ ПЛАВ А. Ю. Юрова, М. А. Толстых	113

ЧАСТЬ II. ВЫСТУПЛЕНИЯ УЧАСТНИКОВ ШКОЛЫ

ГЕОИНФОРМАЦИОННЫЙ АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ТРАНСПОРТНОЙ СЕТИ НЕФТЕДОБЫЧИ НА БОЛОТНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ М. Н. Алексеева	119
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПИТАТЕЛЬНЫХ ГРУНТОВ НА ОРГАНОРАСТИТЕЛЬНОЙ ОСНОВЕ ДЛЯ ВЫРАЩИВАНИЯ РАССАДЫ ОВОЩНЫХ КУЛЬТУР Т. Ю. Анисимова.	122
ПРОДУКТИВНОСТЬ ОСУШЕННЫХ БОЛОТНЫХ НИЗИННЫХ ПОЧВ В СТАДИИ ГИДРОТЕРМИЧЕСКОЙ ДЕГРАДАЦИИ О. А. Анциферова.	126
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТОРФЯНЫХ БОЛОТ В КАЧЕСТВЕ ПРИЕМНИКОВ ЖИВОТНОВОДЧЕСКИХ СТОКОВ Н. П. Ахметьева, Е. Е. Лапина	129
РЕСУРСЫ ВОДОЕМОВ ВО БЛАГО РОССИИ В. Н. Бакшеев, В. В. Бакшеев	134
ТЕМПЕРАТУРНЫЙ РЕЖИМ ТОРФЯНЫХ ЗАЛЕЖЕЙ ЭВТРОФНОГО БОЛОТА В. Ю. Виноградов, Н. Г. Инишев	138
СОСТОЯНИЕ РЕЛИКТОВОГО ЛУПИШКИНСКОГО БОЛОТА В ЛЕСОСТЕПНОЙ ЗОНЕ И ПРОБЛЕМЫ ЕГО СОХРАНЕНИЯ М. Я. Войтехов	142
РЕКОНСТРУКЦИЯ ДИНАМИКИ ЛАНДШАФТОВ СЕВЕРНОЙ ЛЕСОСТЕПИ ПО ДАННЫМ КОМПЛЕКСНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ БОЛЬШЕБЕРЕЗОВСКОГО БОЛОТА (БАСЕЙН ВЕРХНЕГО ДОНА, ТУЛЬСКАЯ ОБЛАСТЬ) Е. М. Волкова, О. В. Бурова, Е. Ю. Новенко	148
ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ВОДНО-БОЛОТНОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ ЗАБОЛОЧЕННОЙ ПОЙМЫ РЕКИ ПСЁЛ А. В. Галяс	152
ДЕСТРУКЦИЯ РАСТИТЕЛЬНОГО ВЕЩЕСТВА В ТОРФЯНОЙ ЗАЛЕЖИ КИРСАНОВСКОГО БОЛОТА Е. А. Головацкая, Л. Г. Абзалимова, Е. В. Порохина	157
ЗАПАСЫ И ПРОДУКЦИЯ ДРЕВЕСНОГО ЯРУСА КИРСАНОВСКОГО БОЛОТА Е. А. Головацкая, М. В. Волознева, Е. В. Порохина.	162
СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ В ДИНАМИКЕ СТОКА С ЗАБОЛОЧЕННЫХ РЕЧНЫХ ВОДОСБОРОВ БОЛЬШОГО ВАСЮГАНСКОГО БОЛОТА Л. И. Дубровская, Д. В. Дроздова	166
ЛАНДШАФТНЫЙ АНАЛИЗ БОЛОТ БАСЕЙНА РЕКИ ИКСА А. А. Калаева	171
СОДЕРЖАНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ И СЕРЫ В ФОНОВОМ И ТЕХНОГЕННО ЗАГРЯЗНЕННОМ БОЛОТАХ Л. В. Карпенко	175
ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ БОЛОТНЫХ ВОД ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ РЕСПУБЛИКИ АЛТАЙ С. А. Козлова, М. В. Шурова, Г. В. Ларина.	180

МЕТОД РАСЧЕТА СОДЕРЖАНИЯ НЕФТЕПРОДУКТОВ В ПОЧВАХ Н. Г. Кокорина, А. А. Околенова, И. А. Куницына	183
ФИТОЦЕНОТИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ И РЕСУРСЫ КЛЮКВЫ БОЛОТНОЙ В ПОЛЕСЬЕ УКРАИНЫ В. К. Коновальчук	189
О НЕКОТОРЫХ ОСНОВАНИЯХ ОТРАСЛЕВОГО УПРАВЛЕНИЯ ТОРФЯНЫМИ БОЛОТАМИ А. А. Корнев	192
МОДЕЛЬ ДЛЯ ОЦЕНКИ ЭМИССИЙ ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ НА ТОРФЯНИКАХ Н. В. Лещинская, Т. Д. Ярмошук, А. Тиле, М. Минке, В. А. Рыжиков, J. Couwenberg, F. Tanneberger, H. Joosten, J. Augustin	196
СТРУКТУРА ПРИРОДНЫХ КОМПЛЕКСОВ ЮГО-ЗАПАДА ПОЛИСТОВО-ЛОВАТСКОГО БОЛОТНОГО МАССИВА И ИХ АНТРОПОГЕННОЕ ПРЕОБРАЗОВАНИЕ М. И. Мартынова	201
НЕКОТОРЫЕ СВЕДЕНИЯ О СВОЙСТВАХ ТОРФОВ ТУЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ К. С. Мельников, Е. М. Волкова, К. Б. Чилачава	206
АНАЛИЗ МИКРОБНЫХ СООБЩЕСТВ ОСУШЕННЫХ ТОРФЯНЫХ ПОЧВ МЕТОДОМ FISH Е. В. Менько, И. К. Кравченко	211
МИКРОБНАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ МЕТАНА, ДИОКСИДА УГЛЕРОДА И ЗАКИСИ АЗОТА В ОКУЛЬТУРЕННЫХ ТОРФЯНЫХ ПОЧВАХ В. В. Новиков, А. Л. Степанов, А. И. Поздняков	215
РАСПРЕДЕЛЕНИЕ И СОДЕРЖАНИЕ РТУТИ В ПОЧВАХ ИЛАССКОГО БОЛОТНОГО МАССИВА АРХАНГЕЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ А. Э. Овсепян, А. Н. Масык	218
САПРОПЕЛИ ОЗЕР СИБИРИ ДЛЯ КУРОРТНО-РЕКРЕАЦИОННЫХ ЦЕЛЕЙ Т. А. Пушкарева, Т. М. Тронова, Н. Г. Клопотова, М. Г. Бородин	223
ВЛИЯНИЕ ИЗМЕНЕНИЙ ВОДНОГО РЕЖИМА ОЛИГОТРОФНЫХ БОЛОТ НА ИХ ЭКОСИСТЕМЫ К. Д. Романюк	228
ХАРАКТЕРИСТИКА ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА ТОРФОВ ГОРНОГО АЛТАЯ А. В. Савельева, Г. В. Ларина	232
СТРОЕНИЕ ТОРФЯНОЙ ЗАЛЕЖИ КЛЮЧЕВЫХ БОЛОТ КЕНОЗЕРСКОГО НАЦИОНАЛЬНОГО ПАРКА (АРХАНГЕЛЬСКАЯ ОБЛАСТЬ) В. А. Смагин, О. В. Галанина, В. П. Денисенков	236
ФОТОПРОЦЕССЫ В ВОДНЫХ СРЕДАХ С УЧАСТИЕМ ГУМИНОВЫХ ВЕЩЕСТВ И. В. Соколова, О. Н. Чайковская, Л. В. Нечаев	242
ИНВЕРТАЗНАЯ АКТИВНОСТЬ ТОРФЯНЫХ ПОЧВ БОЛОТА «ТАГАН» Е. Ю. Старикова, Е. В. Порохина, О. А. Голубина	247
ИЗМЕНЕНИЕ СОСТОЯНИЯ ОСУШЕННЫХ ТОРФЯННИКОВ ПОСЛЕ ОБЛЕСЕНИЯ М. Б. Субота	251
ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ БОЛОТНЫХ МИКРОБОЦЕНОЗОВ НА ТЕРРИТОРИИ СРЕДНЕЙ СИБИРИ С. Н. Сырцов	253
ЙОД В СФАГНОВЫХ МХАХ И ТОРФАХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ БЕЛАРУСИ А. Э. Томсон, Г. В. Наумова, Н. Л. Макарова, Т. Ф. Овчинникова, Н. А. Жмакова	256
АГРОХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ТОРФОВ ГОРНОГО АЛТАЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИХ В РАСТЕНИЕВОДСТВЕ Л. Л. Шагаева, М. В. Шурова	261
ПОДСТИЛКИ ЛЕСНЫХ, ТРАВЯНЫХ И БОЛОТНЫХ ЭКОСИСТЕМ С. В. Шибарева	265
ENTOMOPATHOGENIC FUNGI OF GRASSLANDS AND PEATLANDS IN THE MODERATE AND SEVERE CLIMATIC CONDITIONS S. Bałazy, L.W. Szajdak	268
FUNCTIONING OF ORGANIC SOILS UNDER RESTORATION PRACTICES P. Bartmiński, R. Dębicki	269

SOME PROPERTIES OF ORGANIC MATTER FROM BOTTOM-LAKE DEPOSITS OF NORTH-EASTERN POLAND A. Lachacz, B. Kalisz, M. Nitkiewicz	270
DEVELOPMENT OF SMALL WATER-MIRE BASINS IN DURY RESERVE, NW POLAND K. Milecka G. Kowalewski	271
IMPACT OF DIFFERENT SECONDARY TRANSFORMED PEAT-MOORSH SOILS ON THE UREASE ACTIVITY IN ACROTELM AND CATOTELM L.W. Szajdak, K. Styła	272
ACTIVITIES OF ENZYMES PARTICIPATION IN REDOX POTENTIAL IN THE TWO DEPTHS OF TAGAN PEATLAND L.W. Szajdak, L.I. Inisheva, T. Meysner, W. Gaca, K. Styła	273
NATURAL PHYTOHORMONE – INDOLE-3-ACETIC ACID IN PEATS, SUBSTRATES FOR HORTICULTURE AND POMOLOGY L.W. Szajdak, V. Maryganova	274
FUNCTION OF PEATLAND LOCATED ON SECONDARY TRANSFORMED PEAT-MOORSH SOILS ON THE RATES OF THE ELUTION OF ORGANIC MATTER L. W. Szajdak, M. Szczepański	275

CONTENTS

INTRODUCTION	3
GREETING OF THE CHAIRMAN OF NATIONAL PEAT COMMITTEE OF RUSSIA V. N. PACHOMOV	5
TO 105-YEARS S. N. TYUREMNOV	6

PART I. SELECTED LECTURES

EVAPORATION AND FLOWING OF WATER AFTER DRAINAGE OF BOGS B. V. Babikov	13
ON OPTIMIZATION PROBLEM OF MINERAL NUTRITION OF CULTIVATED PLANTS ON BOGGY SOILS V. K. Bakhnov.	20
ABOUT RESEARCH OF THE VEGETABLE COVER PEATLANDS WEST SIBERIA N. A. Berezina.	23
FUNCTIONAL BIOGEOCENOLOGY AS THE BASE FOR ESTIMATING THE BIOSPHERE ROLE OF FORESTS AND MIRES S. E. Vompersky.	30
ABOUT A FEATURES OF INVESTIGATION OF THE GAS EXCHANGE AT ECOSYSTEM/ATMOSPHERE BOUNDARY BY INVERSE MODELLING METHOD M. V. Glagolev, A. F. Sabrekov	35
INFLUENCE OF AERATION AND TEMPERATURE ON THE STRUCTURE AND FUNCTIONING OF MICROBIAL COMPLEXES IN THE BOG (MODEL EXPERIMENT) A. V. Golovchenko, T. G. Dobrovol'skaya, O. S. Kukhareenko, T. A. Semenova, O. Ju. Bogdanova, D. G. Zvyagintsev.	41
STUDYING METHANOGENIC COMMUNITIES OF PEAT SOILS BY MEANS OF PCR-DGGE TECHNIQUE A. K. Kizilova, M. V. Chistotin, I. K. Krachenko	46
THE ECOLOGICAL FACTORS OF THE FUNCTIONING MOORE WEST POLESIE IN SUSTAINABLE DEVELOPMENT V. V. Konishchuk	51
BIOGEOCHEMICAL CYCLES IN BOG ECOSYSTEMS N. P. Kosykh, N. P. Mironycheva-Tokareva, E. K. Parshina	57
MICROSCOPIC FAUNA OF THE SPHAGNUM BOGS: COMPOSITION AND COMMUNITY STRUCTURE Yu. A. Mazei	64
TWO HUNDRED YEARS TO BOG LAND RECLAMATION B. S. Maslov	69
CHANGE OF PHYSICAL AND CHEMICAL PROPERTIES OF PEAT SOILS OF WESTERN SIBERIA AT AGRICULTURAL USE A. S. Motorin, J. V. Sivkov	74
PEAT BOGS AS ACCUMULATORS AND SOURCES OF THE PALEOECOLOGICAL INFORMATION N. K. Panova, T. G. Antipina	79
THE IDEAS OF SOLID COMBUSTIBLE FOSSILS (SCF) STRUCTURE ON THE BASIS OF EPR METHOD EXPERIMENTAL DATA S. G. Prohorov.	88
VEGETABLE SYSTEMS IN VITRO FOR TESTING THE BIOLOGICAL ACTIVITY PREPARATION FROM PEAT O. A. Rozhanskaya	93
REGULATION INFLUENCE OF THE HUMIC PREPARATIONS ON FUNCTIONAL CONDITION OF THE ORGANISM OF HIGH PRODUCTIVE POULTRY L. M. Stepchenko, E. A. Loseva, M. V. Skorik, L. V. Goncharova, L. I. Galuzina, T. V. Semidetnaya	99
EFFECT OF PEAT AND PEAT PRODUCTS IN AGRICULTURE V. G. Sichev, O. A. Shapoval, G. E. Merzlaya, I. P. Mozharova, D. N. Pryanishnikov	104
COMPOSITION OF TRACE ELEMENTS IN DIFFERENT PEATS OF BAKCHAR MIRE COMPLEX V. A. Stepanova, N. G. Koronatova.	108

THE ROLE OF BELOWGROUND PLANT ORGANS IN THE CARBON TURNOVER IN MIRES A. A. Titlyanova	112
PARAMETERIZATION OF MIRES IN NUMERICAL WEATHER PREDICTION MODEL SL-AV A. Y. Yurova, M. A. Tolstykh	116

PART II. SPEECH OF THE PARTICIPANT SCHOOL

GEOINFORMATION-SPACE ANALYSIS OF OIL EXTRACTION TRANSPORT SYSTEM IMPACT ON THE BOG ECOSYSTEMS M. N. Alexeeva	121
USE NUTRIENT GROUNDS ON ORGANIC-PLANT BASIS FOR CULTIVATION OF VEGETABLE CULTURES SPROUTS T. J. Anisimova	125
DRAINED BOGGY SOILS PRODUCTIVITY IN STAGE OF HIDROTERMIC DEGRADATION O. A. Antsiferova	128
THE USING OF PEAT-BOGS AS CATCHERS FOR MANURE N. P. Akhmetieva, E. E. Lapina	133
RESOURCES OF RESERVOIRS FOR THE GOOD OF RUSSIA V. N. Baksheev, V. V. Baksheev	137
TEMPERATURE REGIME OF PEAT DEPOSITS EUTROPHIC MIRES V. Yu. Vinogradov, N. G. Inishev	141
THE CONDITION OF THE RELICT MIRE LUPISHKINSKOE IN FOREST-STEPPE ZONE AND THE PROBLEMS OF CONSERVATION OF THIS MIRE M. Ya. Voytehov	147
RECONSTRUCTION OF LANDSCAPE DYNAMICS IN THE NORTHERN FOREST STEPPE BY RESULTS OF COMPLEX STUDY OF BOLSHEBERESOVSKOYE MIRE (UPPER DON RIVER BASIN, TULA REGION) E. M. Volkova, O. V. Burova, E. Yu. Novenko	151
THE ECOLOGICAL CHARACTERISTIC OF THE HELOPHYTES VEGETATION IN THE PSYOL RIVER BOGGY BOTOMLAND A. V. Galyas	156
DECOMPOSITION OF PLANT BIOMASS IN THE PEAT SOIL IN "KIRSANOVSKOE" BOG E.A. Golovatskaya, L.G. Abzalimova, E.V. Porochina	161
TREE LAYER STORAGES AND PRODUCTION FOR KIRSANOVSKOE BOG E. A. Golovatskaya, M. V. Volozneva, E. V. Porochina	165
THE RECENT TRENDS IN DYNAMIC OF RIVER RUNOFF FROM SWAMPY WATERSHED IN THE GREAT VASYUGAN MIRE L. I. Dubrovskaya, D. V. Drozdova	170
LANDSCAPE ANALYSIS OF IKSA BASIN MIRE A. A. Kalaeva	174
THE CONTENTS OF HEAVY METALS AND SULFUR IN BACKGROUND AND TECHNOGENIC POLLUTED BOGS L. V. Karpenko	179
CHEMICAL COMPOUND OF BOG WATERS OF CENTRAL PART REPUBLIC ALTAI S. A. Kozlova, M. V. Shurova, G.V. Larina	182
METHOD OF CALCULATION OF THE MAINTENANCE OF MINERAL OIL IN SOILS N.G. Kokorina, A.A. Okolelova, I. A. Kunitsyna	188
PHYTOCENOTIC CHARACTERISTICS AND RESOURCES OF CRANBERRY IN THE POLESSIE REGION OF UKRAINE V. K. Konovalchuk	191
ABOUT CERTAINS BASES BRANCH-WISE GOVERNANCE BY PEAT BOGS A. A. Kornev	195

MODEL FOR GREENHOUSE GAS EMISSIONS ASSESSMENT FROM PEATLANDS N. V. Liashchynskaya, T. D. Yarmashuk, A. Thiele, M. Minke, V.A. Ryzhikov, J. Couwenberg, F. Tanneberger, H. Joosten, J. Augustin	200
NATURAL STRUCTURE AND ANTROPOGENIC CHANGES OF SOUTH-WESTERN POLISTOVO-LOVATSKY RAISED BOG LANDSCAPES M. Y. Martynova	205
A DATA ABOUT FEATURES OF PEATS OF TULA REGION K. S. Mel'nikov, E. M. Volkova, K. B. Chilachava.	210
FISH ANALYSIS OF MICROBIAL COMMUNITIES IN DRAINED PEAT SOILS E. V. Menko, I. K. Kravchenko	214
MICROBIAL TRANSFORMATION OF METHANE, CARBON DIOXIDE AND NITROUS OXIDE IN CULTIVATED PEAT SOILS V. V. Novikov, A. L. Stepanov, A. I. Pozdnyakov	217
DISTRIBUTION AND CONTENT OF MERCURY IN SOILS OF ILASSKOE SWAMPY AREA OF THE ARKHANGELSK REGION A. E. Ovsepyan, A. N. Masik	222
SAPROPELS OF LAKES OF SIBERIA FOR HEALTH RESORTS PURPOSES T. A. Pushkaryova, T. M. Tronova, N. G. Klopotova, M. G. Borodina.	227
THE IMPACT OF CHANGING WATER REGIME OF OLIGOTROPHIC SWAMPS IN THEIR ECOSYSTEMS K. D. Romanyuk	231
THE CHARACTERISTIC OF ORGANIC SUBSTANCE OF GORNYI ALTAY PEATS A. V. Savelyeva, G. V. Larina.	235
THE STRUCTURE OF EXTREMELY RICH FENS PEAT DEPOSITS OF THE KENOSERSKY NATIONAL PARK (ARCHANGELSK REGION) V. A. Smagin, O. V. Galanina, V. P. Denisenkov	241
PHOTOPROCESSES IN WATER INCLUDING THE PARTICIPATION OF HUMIC SUBSTANCES I. V. Sokolova, O. N. Tchaikovskaya, L.V. Nechaev.	246
THE INVERTASE ACTIVITY OF PEAT SOILS IN THE BOGS OF «TAGAN» E. U. Starikova., E. V. Porohina., O. A. Golubina.	250
CHANGE OF CONDITION SWAMPY AFTER DRAINAGE AND AFORESTATION M. Subota	252
THE FUNCTIONAL CHARACTERISTICS OF THE BOG MICROBOCENOSIS IN THE MIDDLE SIBERIA TERRITORY S. N. Syrtsov	255
IODINE IN SPHAGNUM MOSSES AND PEATS OF BELARUS DEPOSITS A. E. Tomson, G. V. Naumova, N. L. Makarova, T. F. Ovchinnikova, N. A. Zhmakova	260
AGROCHEMICAL PEAT PROPERTIES GORNY ALTAY AND PROSPECTS FOR THEM IN PLANT L. L. Shagaeva, M. V. Shyrova	264
LITTERS IN FORESTS, GRASSLANDS AND MIRES S.V. Shibareva	267
ENTOMOPATHOGENIC FUNGI OF GRASSLANDS AND PEATLANDS IN THE MODERATE AND SEVERE CLIMATIC CONDITIONS S. Bałazy, L.W. Szajdak.	268
FUNCTIONING OF ORGANIC SOILS UNDER RESTORATION PRACTICES P. Bartmiński, R. Dębicki	269
SOME PROPERTIES OF ORGANIC MATTER FROM BOTTOM-LAKE DEPOSITS OF NORTH-EASTERN POLAND A. Lachacz, B. Kalisz, M. Nitkiewicz.	270
DEVELOPMENT OF SMALL WATER-MIRE BASINS IN DURY RESERVE, NW POLAND K. Milecka G. Kowalewski	271
IMPACT OF DIFFERENT SECONDARY TRANSFORMED PEAT-MOORSH SOILS ON THE UREASE ACTIVITY IN ACROTELM AND CATOTELM L.W. Szajdak, K. Styła	272

ACTIVITIES OF ENZYMES PARTICIPATION IN REDOX POTENTIAL
IN THE TWO DEPTHS OF TAGAN PEATLAND

L.W. Szajdak, L.I. Inisheva, T. Meysner, W. Gaca, K. Styła 273

NATURAL PHYTOHORMONE – INDOLE-3-ACETIC ACID IN PEATS,
SUBSTRATES FOR HORTICULTURE AND POMOLOGY

L.W. Szajdak, V. Maryganova 274

FUNCTION OF PEATLAND LOCATED ON SECONDARY TRANSFORMED
PEAT-MOORSH SOILS ON THE RATES OF THE ELUTION OF ORGANIC MATTER

L. W. Szajdak, M. Szczepański 275

Научное издание

БОЛОТА И БИОСФЕРА

МАТЕРИАЛЫ VII ВСЕРОССИЙСКОЙ
С МЕЖДУНАРОДНЫМ УЧАСТИЕМ
НАУЧНОЙ ШКОЛЫ

(13–15 сентября 2010 г.)

Под редакцией проф., д. с.-х. н., чл.-корр. РАСХН Л.И. Инишевой

*Технический редактор: Г. В. Белозёрова
Ответственный секретарь: Л. И. Дубровская
Ответственный за выпуск: Л. В. Домбраускайте*

Печать: трафаретная
Бумага: офсетная
Усл. печ. л.: 33,02
Уч. изд. л.: 17,26

Сдано в печать: 17.08.2010
Формат: 60×84/8
Заказ: 529/н
Тираж: 500 экз.

Издательство Томского государственного
педагогического университета
634061, г. Томск, ул. Киевская, 60
Отпечатано в типографии Издательства ТГПУ,
г. Томск, ул. Герцена, 49. Тел. (3822) 52–12–93
e-mail: tipograf@tspu.edu.ru

ISBN 9785894284811



9 785894 284811