Российский фонд фундаментальных исследований
Томский государственный педагогический университет
Сибирское отделение Российской Академии наук
Институт мониторинга климатических и экологических систем
Институт химии нефти
Сибирское отделение Российской Академии сельскохозяйственных наук
Сибирский НИИ торфа
Томский политехнический университет
Томское отделение Докучаевского общества почвоведов

БОЛОТА И БИОСФЕРА

МАТЕРИАЛЫ ЧЕТВЕРТОЙ НАУЧНОЙ ШКОЛЫ

(12-15 сентября 2005 г.)

Направление:
Биогеохимический круговорот веществ
в болотных экосистемах в естественном
и нарушенном состоянии

80-летию со дня рождения
профессора Станислава Ивановича Смольянинова
посвящается

Томск 2005

УДК 551.0 + 556.56

Болота и биосфера: Сборник материалов Четвертой Научной Школы (12-15 сентября 2005 г.). Томск: Изд-во ЦНТИ, 2005. 300 с.

Сборник включает в себя избранные лекции ведущих специалистов и материалы молодых ученых, работающих в области охраны рационального использования торфяных болот, физико-химических свойств и новейших технологий переработки болотных ресурсов. Сборник может быть рекомендован для студентов, аспирантов, научных сотрудников, преподавателей естественно-научных специальностей.

The collection includes the elected lectures of the leading experts and materials of the young scientists working in district and protection of rational employment of peat bogs, physico-chemical properties and newest technologies of processing of bogs resources. The collection can be recommend for the students, post-graduate students, researches, teachers of naturally - scientific specialities.

Научная Школа «Болота и биосфера» проведена при поддержке РФФИ (№ грантов 05-05-74067, 74043) и Интеграционного проекта СО РАН № 137.

Под редакцией:
проф., д. с.-х. н., чл.-корр. РАСХН Л.И. Инишевой
Рецензенты:
проф., д.б.н. Р.Т. Тухватулин
проф., д.с.-х.н., А.С. Моторин
Ответственный за выпуск:
к.б.н. О.Г. Савичева

ISBN 5-89702-139-2

© Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН
© Томский государственный педагогический университет
© ФГУ «Томский ЦНТИ»

ВВЕДЕНИЕ

Если предыдущие три Школы «Болота и биосфера» были поддержаны ФЦП «Интеграция», то на проведение Четвертой Школы получен грант РФФИ и тот факт, что проект получил поддержку, свидетельствует о фундаментальном характере исследований болотных экосистем. В период 1970-1980-х годов в изучении торфяных ресурсов в СССР было сделано существенное продвижение вперед, какого не было ни в одной стране мира. В настоящее время тревогу вызывает тот факт, что Россия, имея в прошлом прекрасные традиции в изучении болот и всемирно известных ученых, нынче начинает отставать от мирового торфоведения. Наша всероссийская Школа молодых ученых «Болота и биосфера», уже сформировавшая свои традиции, может восполнить этот пробел.

В материалах Первой Школы опубликованы общие задачи, принципы организации и проведения Научной Школы и за все эти годы мы их соблюдали. Школа имеет свою эмблему, сайт http://www.ltor.tom.ru, а молодые ученые-торфоведы сочинили гимн Школы. Ежегодно участники Школы в полном составе выезжают на Васюганское болото, чтобы непосредственно в поле познакомиться не только со знаменитым болотом, но и овладеть научными методами изучения болот. Болотные экосистемы требуют к себе внимания. Они так много могут дать человеку и наша задача – найти правильное им применение и не ошибиться. С одной стороны, необходимо сохранить все многообразие этих интереснейших природных систем; с другой – это очень ценный природный ресурс, из которого можно получить много ценных материалов, необходимых отечественной промышленности, медицине, энергетике, сельскому хозяйству.

На Первой Школе решались проблемы генезиса болот, их роли в биосфере, на Второй – гидрологической роли болот, их геохимии, на Третьей - роли болот в круговороте углерода и биологической продуктивности болотных экосистем.

В 2005 году тема, которой посвящена работа Школы, звучит так: рациональное природопользование на торфяных болотах (современное состояние, восстановление, рекультивация и мелиорация болот, перспектива использования). Физико-химические свойства и новейшие технологии переработки болотных ресурсов. Продукция на основе болотных ресурсов.

Традиционно на лекторском симпозиуме перед молодыми коллегами выступят известные ученые: профессор Ф.Р. Зайдельман (МГУ), академик Б.С. Маслов (Госэкомелиовод, г. Москва), академик НАН Беларуси Н.Н. Бамбалов (ИПИПРЭ, Беларусь), д.г.н. В.В. Панов (ТверТУ), профессора С.П. Ефремов и Т.Т. Ефремова (ИЛ СО РАН, г. Красноярск) и др.; томские ученые – Т.М. Тронова, В.А. Базанов, Л.В. Шишмина, С.Г. Маслов и В.С. Архипов.

Необходимо заметить, что недаром Школа проводится именно в Томске. Наш город широко известен своими исследованиями о болотах в России и за рубежом. С 60-х годов томские ученые (В.Н. Блинков, Ю.А. Львов, С.И. Смольянинов) активно изучали болота, каждый в своем направлении, но всех вместе их объединял интерес к болотам как к экосистеме и как к природному ресурсу. В этом году ис-

полняется 80 лет со дня рождения Станислава Ивановича Смольянинова. И мы с благодарностью помним, и в материалах Школы есть небольшая заметка о творческом пути, а его ученики еще не раз вспомнят о своем Учителе в своих лекциях и научных статьях, приведенных в материалах Школы.

Своими работами в области болотоведения-торфоведения нас порадует и молодое поколение. Это целая серия статей молодых ученых из МГУ (П.С. Арсеньев, А.В. Головченко, М.В. Глаголев, Н.А. Шнырев), касающаяся вопросов микробиологии и математических моделей. Характеристике болот, болотных комплексов и торфов, слагающих стратиграфию залежей, посвящены работы М.В. Гостищевой и О.А. Кузьменко, А.В. Гренадеровой, Л.В. Карпенко, Н.Г. Коронатовой, А.В. Савельевой. О технологиях использования торфа как сырья для производства торфяной продукции говорится в статьях А.В. Кравец, О.С. Мисникова и А.Е. Тимофеева и др. И это далеко не весь перечень направлений, предлагаемый молодыми учеными на рассмотрение широкой аудитории.

Мы очень надеемся, что Школа будет ежегодно и всегда. Мы будем рады получать и публиковать Ваши материалы, встречать и обсуждать с Вами самые разные проблемы, касающиеся болот и торфяных ресурсов, так как это говорится в гимне Школы:

«Мы торфоведы молодые, но мы смелые.
И хоть пока еще мы очень мало сделали,
На Школе встретимся еще
И будем спорить горячо
О тех проблемах, что не подняты еще».

Да будет прекрасен наш союз болотоведов-торфоведов!

Научный руководитель Школы
Л.И. Инишева

5

ПРИВЕТСТВИЕ ГУБЕРНАТОРА ТОМСКОЙ ОБЛАСТИ ВИКТОРА МЕЛЬХИОРОВИЧА КРЕССА

Дорогие участники Четвертой Научной Школы!

Я рад приветствовать Вас на томской земле, в краю богатых исторических традиций и неповторимой сибирской природы. Искренне надеюсь, что, побывав в нашей области, Вы в полной мере ощутите особую атмосферу региона, традиционное гостеприимство томичей и разделите с нами любовь к этому краю.

Сегодня наша область – один из крупнейших поставщиков нефти и газа на российский и международный рынок, культурно-образовательный и научный центр. Не случайно, что Томск занимает первое место в России по удельному весу студентов и ученых, потому что подготовка специалистов с Высшим образованием за Уралом впервые началась именно в Томске.

Томская область богата болотами. Заболоченность области составляет 50 %. Большинству людей болота представляются гиблым местом. Однако, мы, люди, влюбленные в свой край, понимаем истинные достоинства, красоту болотных ландшафтов и надеемся, что увидев их своими глазами Вы тоже не останетесь к ним равнодушны.

Главное богатство болот – это торф, уникальный по своим свойствам. По запасам торфа Томская область занимает второе место в России после Тюменской. На ее территории выявлено1616 торфяных месторождений с запасами торфа около 31 млрд. тысяч тонн, что составляет 22 процента от запасов России. Большая часть – это торф верхового типа, представляющий собой ценное сырье для химико-технологической переработки. На основе торфа можно получать более 40 видов продукции в области строительных материалов, металлургического сырья, химической и деревообрабатывающей промышленности, машиностроении, медицине, парфюмерии, полиграфии, сельском хозяйстве и животноводстве. Все это можно получать из торфов Томской области.

Безусловно, к перспективе относится подготовка баз торфяного сырья для глубокой переработки и получение особо ценной, наукоемкой и дорогостоящей продукции. Наиболее ценными для этого являются торфяные месторождения, расположенные в центральных и северных районах области. Но они требуют дальнейшего изучения, потому что пока там проведены только поисково-оценочные работы. На юге Томской области находятся большие по площади, осушенные торфяные месторождения, которые представляют собой сырьевую базу для производства гуминовых кислот, регуляторов роста и средств защиты растений, органических и органо-минеральных удобрений. На этой же территории располагаются залежи сапропеля разного качества, сочетание которого с торфом позволяет значительно расширить ассортимент продукции.

В настоящее время к болотам и возобновляемому природному ресурсу – торфу возвращается незаслуженно забытый интерес. В администрацию Томской области из Китая, Чехии, Германии поступают предложения к сотрудничеству, успешное развитие которых будет способствовать экономическому процветанию области и России в целом.

Болота Томской области, уникальные торфяные ресурсы требуют дальнейшего, всестороннего изучения на основе качественно новых научных подходов. И я надеюсь, что в наше непростое время эстафету в их изучении достойно примете Вы, молодое поколение.

Успехов Вам!





СТАНИСЛАВ ИВАНОВИЧ СМОЛЬЯНИНОВ*

профессор, доктор технических наук, заслуженный деятель науки и техники (к 80-летию со дня рождения)

Станислав Иванович Смольянинов – выдающийся ученый в области химии и химической технологии топлива, комплексного использования торфа в народном хозяйстве и государственный человек, заботящийся о благе человеческого общества. Все годы научная деятельность его была направлена на развитие производительных сил страны и, в особенности, Томской области, которую он любил и отдавал все силы и свой организационный талант на ее развитие.

Разносторонне эрудированный ученый он, занимаясь вопросами химической технологии топлива, увлекся направлением комплексного использования торфа. Можно только предположить, что Станислава Ивановича захватила необъятная перспектива использования такого богатства («кладовая солнца» как называют запасы торфа). Тысячелетиями растения, изымая углекислый газ из атмосферы, погибали и воссоздавались уже в виде торфа. Уникальность торфяных ресурсов, как компонента биосферы и оригинально самовозобнавляющегося сырья вдохновила Станислава Ивановича. Он развил бурную деятельность, и вот по его инициативе появляется Проблемная научно-исследовательская лаборатория по комплексному использованию торфа в сельском хозяйстве и промышленности (в настоящее время – Проблемная научно-исследовательская лаборатория по комплексному использованию горючих ископаемых Западной Сибири или ПНИЛ ГИ).

Уже первоначально исследования С.И. Смольянинова охватывали широкий круг проблем. С.И. Смольяниновым были развиты теоретические положения физико-химической механики дисперсных структур в отношении природных капиллярно-пористых тел и принципов создания композиционных материалов, что было успешно использовано при разработке новых видов металлургического топлива на основе торфа, в том числе в торфо-рудных или торфо-флюсо-рудных композиций (моношихта), а также позволило сформулировать теоретически обоснованные регламенты технологического режима, обеспечивающего получение продукции с заданными свойствами. Комплексный подход к проблеме использования горючих ископаемых обусловил развитие С.И. Смольяниновым новых взглядов и направлений экспериментального исследования кинетики, механизма и химизма термической деструкции горючих ископаемых. Эти теоретические работы позволили научно обосновать особенности термической деструкции торфа в присутствии

---

* С.И. Смольянинов много внимания уделял и другим проблемам, например, изучению нефти. Но в этой статье освещена его деятельность только в торфяном направлении.

оксидов железа и восстановления их до металла и предложить принципиально новый подход к разработке комплексных химико-металлургических процессов. С другой стороны, они получили дальнейшее развитие как метод использования принципов неизотермической кинетики, физического, химического и математического моделирования при изучении термолиза органических природных материалов, что привело к существенным результатам в познании молекулярной структуры органических веществ горючих ископаемых и факторов управления процессами их термической деструкции.

Комплексный характер подхода к решению технологических задач в работах С.И. Смольянинова и руководимого им коллектива развивался в закономерной последовательности их основных этапов – от подготовки сырья до утилизации вторичных продуктов, а также по вариациям отдельных направлений каждого этапа. Например, поиск новых видов металлургического топлива проработан в двух вариантах – на основе формованного и на основе фрезерного торфа; торфо-рудные композиции оценивались по отношению к использованию их в шахтных печах, в процессах прямого получения железа из руд и производстве ферросплавов.

Результаты теоретических и экспериментальных исследований в области комплексных химико-металлургических процессов, в которых технологическим топливом является торф, были обобщены в докторской диссертации С.И. Смольянинова «Теоретические основы и разработка метода комплексного использования торфа в химико-металлургических процессах», защищенной в 1973 г. Им обоснована возможность и показана технико-экономическая целесообразность организации в Томской области металло-энерго-химического комбината на базе руд Западно-Сибирского железорудного бассейна (Бакчарское месторождение) и торфов Васюганских залежей.

Следует отметить, что этот период (1970-1980 гг.) был высшей точкой научной мысли и организаторского таланта Станислава Ивановича. Был подобран дружный коллектив (около 70 человек), увлечённо работавший над решением интересных и значимых научных задач. Он умел заставить работать всех с полной отдачей: кого постановкой творческих задач, а кого и систематическим контролем. Он постоянно и много уделял внимания организации труда и рабочих мест. Проблемная научно-исследовательская лаборатория во время его работы, а вместе с ней и кафедра химической технологии топлива, где он является заведующим, стали одними из лучших в политехническом институте по оснащению современным оборудованием, дизайну помещений, высокой культуре труда. Все это позволило продвинуть исследования по комплексному использованию торфа далеко вперед, опережая своих коллег из Европы, занимающихся этими проблемами уже длительное время. Именно в этот период можно отметить высокий индекс цитируемости работ С.И. Смольянинова и созданного им коллектива.

К 80-м годам теоретические положения, выдвинутые С.И. Смольяниновым еще в докторской диссертации, были в дальнейшем успешно развиты в двух направлениях: исследование кинетики и механизма термической деструкции горючих ископаемых, разработка научных основ комплексного термохимического процесса переработки торфа.

Но Станислав Иванович занимался не только этими, но и многими другими проблемами, касающимися познания молекулярной структуры сложного природного вещества, которым является торф. Со свойственной ему энергией и настойчивостью Станислав Иванович решал и другие народно-хозяйственный задачи, хотя они, казалось бы, не относились к области его интересов. Выявленные принципы создания в сугубо химических процессах тех или иных композиционных материалов из торфа, он использует при разработке нового метода получения торфо-минеральных гранулированных удобрений. В процессе работы над этой темой с особой силой проявились такие качества Станислава Ивановича, как научная целеустремленность, творческая активность, умение убеждать и работать с людьми.

Но Станислав Иванович не ограничивался исследованиями только в пределах Проблемной лаборатории, он заражал идеей освоения торфяных ресурсов всех, кто с ним работал. Он инициировал и всячески помогал созданию в Томске единственного за Уралом Сибирского института торфа, а когда он был организован, старался объединить силы всех ученых под эгидой торфяной секции МВО. Он вел переписку практически со всеми научно-исследовательскими институтами, занимающимися вопросами торфяных ресурсов, их изучением и освоением. Под научным руководством профессора С.И. Смольянинова подготовлено 27 кандидатов наук и 2 доктора наук. Он является автором более 330 трудов, в том числе, четырех коллективных монографий. Для него характерны творческая инициатива, высокая ответственность, принципиальность, высокая требовательность к себе и окружающим.

Огромное спасибо и низкий поклон Станиславу Ивановичу - Человеку, Ученому, Учителю. Именно благодаря ему проблема торфа в Сибири была поднята и глубоко исследована. Это было сделано впервые, и поэтому победа далась нелегко. Благодаря большому труду, вложенному Станиславом Ивановичем и его последователями, исследовательский процесс изучения торфяных болот продолжается!

Часть I.
ЛЕКТОРСКИЙ СИМПОЗИУМ

12

РАЗВИТИЕ ТОРФЯНОГО НАПРАВЛЕНИЯ В ПРОБЛЕМНОЙ ЛАБОРАТОРИИ ГОРЮЧИХ ИСКОПАЕМЫХ ТПУ

В.С. Архипов, С.Г. Маслов

Томский политехнический университет, kravtsov@tpu.ru

Статья посвящена деятельности профессора, доктора технических наук С.И. Смольянинова. Представлен исторический обзор исследований, выполненных под его руководством, по применению торфа в различных отраслях народного хозяйства: металлургии, химической промышленности и сельском хозяйстве.

Проблема использования торфяных ресурсов Западной Сибири всегда занимала важное место в научно-исследовательской тематике кафедры химической технологии топлива ТПУ. С момента создания кафедры в 1929 году её основатель профессор И.В. Геблер занимается изучением горючих ископаемых Западной Сибири как сырья для получения металлургического топлива. Уже в эти годы профессор И.В. Геблер обращает внимание на большие ресурсы торфа в Томской области и возможность его использования как химического сырья. В 1959 г. И.В. - Геблером была опубликована популярная брошюра "Что можно получить из торфа", в которой приводятся известные к тому времени сведения о применении торфа в различных отраслях народного хозяйства. К этому времени на территории Томской области был открыт крупнейший в мире Западно-Сибирский железорудный бассейн, в пределах которого были выявлены несколько месторождений бурых железняков [1]. Среди них наиболее перспективно для первоочередной разработки Бакчарское месторождение, запасы которого пригодные только для открытой добычи по оценке Н.Х. Белоус составляют 40 млрд. т [1]. Рудное поле этого месторождения с поверхности перекрывается торфяными залежами крупнейшего в мире Васюганского торфяного месторождения. Благоприятное сочетание колоссальных запасов железной руды и торфа создало предпосылки для использования торфа в качестве металлургического топлива. Работа в этом направлении развёртывается под руководством С.И. Смольянинова.

Работая в звании доцента кафедры ХТТ ТПИ (1958-63 гг.), С.И. Смольянинов начинает цикл исследований по использованию торфа Томской области в промышленности и сельском хозяйстве. Центром проведения таких работ стала созданная по инициативе С.И. Смольянинова в 1962 г. проблемная научно-исследовательская лаборатория по комплексному использованию торфа в сельском хозяйстве и промышленности (постановление Совмина СССР № 1046 от 16.11.1961 г.) – в настоящее время - проблемная научно-исследовательская лаборатория по комплексному использованию горючих ископаемых Западной Сибири (ПНИЛ ГИ). В тематике лаборатории всегда учитывались перспективные направления развития области и региона. Актуальной проблемой этого времени было создание третьей металлургической базы на востоке страны. В связи с этим С.И. Смольянинов организует широкий фронт работ по теоретическим и экспериментальным исследованиям в области комплексного химико-металлургического процесса на торфяном топливе.

Торф в металлургии. Задача получения металлургического топлива из торфа решалась двумя путями: термобрикетированием фрезерного торфа и получением

торфо-рудных формовок на основе машино-формованного торфа [2]. Исследование механизма термобрикетирования дало возможность обоснованно оценить значение для технологии термобрикетирования таких факторов, как температура, давление, время, а также ряд других. Полученные термобрикеты по некоторым показателям механической прочности превосходят каменноугольный металлургический кокс. Для перспективных торфяных месторождений в районе Бакчара установлены предварительные технические условия технологического режима термобрикетирования.

Второй способ получения металлургического топлива из торфа реализовался через получение торфо-рудных формовок или топливо-плавильных материалов (ТПМ), т.е. кускового материала, содержащего в своём составе топливо, железную руду и флюсы в необходимых для доменного процесса соотношениях. В проблемной лаборатории исследовано влияние исходной и конечной влажности торфа, интенсивности его переработки, давления формования, степени измельчения руды и флюсов, режима коксования и других факторов на прочность ТПМ. Для ряда перспективных торфяных месторождений Томской области определены предварительные технические условия по режиму приготовления ТПМ на основе машино-формованного торфа. Летом 1963 г. на Аятском торфопредприятии Среднеуральского совнархоза были проведены промышленные испытания технологии получения ТПМ.

В течение 1966-69 гг. были испытаны ТПМ в шахтных печах с режимом близким, к доменному процессу. Первое из этих испытаний проведено в 1966 г. на крупной лабораторной доменной печи института металлургии им. А.А. Байкова (г. Москва). Аналогичная печь была сооружена в 1967 г. силами сотрудников лаборатории в здании газового завода ТПИ, где также была проведена серия испытаний ТПМ. Для улавливания паро-газовых продуктов установка была оборудована системой улавливания. В результате проведенных плавок была показана принципиальная возможность использования таких материалов в металлургических процессах. При этом сильно интенсифицируются процессы восстановления и изменяется механизм шлакообразования, обеспечивая лучшую газопроницаемость столба шихтовых материалов. На лабораторной доменной печи ТПИ в мае 1968 г. проведена экспериментальная плавка на Бакчарской железной руде и получен первый металл из этой руды с высоким содержанием ванадия.

Проведенные работы позволили обосновать возможность и технико-экономическую целесообразность организации в Томской области комплексного металло-энерго-химического комбината на базе Бакчарских железных руд и торфов Васюганского торфяного месторождения [2]. В качестве возможного варианта металлургического передела рассматривался газо-доменный процесс. В этом случае доменная печь совмещает выплавку чугуна с процессом коксования торфа и, наряду с металлом, даёт высококалорийный газ и другие продукты пиролиза (торфяную смолу, газовый бензин, аммиак). Показано также, что торфо-рудные композиции с успехом могут использоваться во внедоменных (прямых) методах получения железа, а также при производстве ферросплавов в электродуговых низкошахтных печах.

Начиная с 1963 г. проблемная лаборатория проводит совместную работу с институтом Гипроторфразведка Министерства геологии РСФСР. Исследованию под-

вергались крупные характерные пробы торфа, отобранные с перспективных участков Васюганского месторождения (северные отроги Большого Васюганского Болота). По лабораторным опытам дана их оценка как металлургического топлива. С точки зрения расположения торфяных массивов перспективными базами торфяного сырья при организации химико-металлургического комбината в районе Бакчара признаны все торфяники, расположенные в радиусе 60-70 км от тракта Бакчар-Мельниково.

Торф в сельском хозяйстве. Под руководством С.И. Смольянинова на кафедре и в ПНИЛ ГИ были развёрнуты интенсивные исследования по поддержанию устойчивого плодородия почв Томской области и Западной Сибири с помощью торфа. Это направление традиционно рассматривалось как важнейшая тема исследований, проводимых с момента создания лаборатории. Современная система земледелия предполагает использование в севообороте минеральных удобрений в сочетании с органическими. В связи с возрастанием масштабов производства минеральных удобрений чрезвычайную актуальность и народно-хозяйственную значимость приобрела проблема эффективности их производства и использования. Среди задач этой проблемы одна из существенных – снижение слёживаемости зернистых материалов, в том числе и минеральных удобрений, что способствует уменьшению затрат и повышению производительности труда в производстве, на транспорте, непосредственно в сельском хозяйстве. Важное значение имеют также меры по сохранению питательных веществ в активном слое почвы. Известно, например, что 60 % азота в нитратной форме выщелачивается из-за недостаточной эффективности применения удобрений. Все указанные задачи наиболее успешно решаются путём применения комплексных торфоминеральных гранулированных удобрений, способ получения которых разработан сотрудниками кафедры и ПНИЛ ГИ под руководством С.И. Смольянинова [3].

Торфоминеральные гранулированные удобрения (ТМГУ) производятся путём смешения минеральных туков с сырым (влажностью 60-80 %) механически диспергированным торфом с последующей экструзией, окатыванием и сушкой. С целью получения прочных и оптимальных по составу ТМГУ в лабораторных условиях проведены широкомасштабные экспериментальные работы по влиянию исходной влажности торфа, степени его механической переработки, количества и качества минеральных компонентов, режима окатывания и режима сушки на свойства получаемых гранул. Наработаны опытные партии удобрений, проведены вегетационные, деляночные и полевые испытания на различных сельскохозяйственных культурах, определено влияние гранул на физиологическую активность почвы. Многолетние агрономические испытания, проведенные совместно с Новосибирским сельскохозяйственным институтом (доцент А.С. Бойко), Томским педагогическим институтом (профессор Н.Ф. Тюменцев) и институтом торфа АН БССР (г. Минск) показали их высокую агрономическую эффективность. Показан значительный экономический эффект в применении ТМГУ по сравнению с используемыми торфоминеральными смесями (расчёты проверены институтом “Гипроторф”). В 1983 г. в Белоруссии было налажено производство ТМГУ мощностью 5 тыс. т удобрений в год (при односменной работе). В Томской области создание подобно-

го производства было начато в конце 80-х годов на базе Орловского торфопредприятия, но не было завершено из-за финансовых трудностей.

В Томской области планировалось создание 10 торфопредприятий с общим объёмом добычи торфа 4.2 млн. т к 1990 г. Изучение сырьевых свойств торфов месторождений, намечаемых к вводу в эксплуатацию в XII и XIII пятилетках (1986-96 гг.) было поручено провести коллективу ПНИЛ ГИ (Постановление ГКНТ № 466 от 01.08.1984 г.). В ходе выполнения этой работы(1985-92 гг.) были отобраны пробы торфа на 16 торфяных месторождениях Томской области. Определены общетехнические свойства торфа, элементный и групповой состав, химический состав золы, а также агрохимические свойства. Выявлены и охарактеризованы 15 типичных для Томской области видов торфа [4]. На основании полученных данных охарактеризовано качество торфа, как сырья для сельского хозяйства, химической и биохимической переработки, энергетики, металлургии. Наряду с традиционными методами анализа торфов широко использовался один из ядерно-физических методов – нейтронно-активационный анализ, который позволил существенно расширить характеристику минеральной части торфов.

В этот же период времени была выполнена работа по распределению торфяного фонда Томской области. С этой целью проанализировано современное состояние торфяных месторождений области, а затем резервный фонд распределён по направлениям использования на природоохранный, запасной, разрабатываемый и земельный. По результатам этой работы в соавторстве с СибНИИТ СО РАСХН и отделом торфяного фонда ПГО “Новосибирскгеология” опубликовано справочное издание “Торфяные ресурсы Томской области и их использование” (1995 г.).

Смольянинов С.И. постоянно заботился об использовании самых современных методов исследования свойств торфов. Соответственно, для этих целей приобреталось сложное, иногда довольно дорогостоящее импортное оборудование передовых зарубежных фирм. В 60-е годы были приобретены два дериватографа венгерской фирмы “Паулик, Паулик и Ердей”. На базе этих приборов развит неизотермический метод изучения кинетики термической деструкции торфа и в 70-80-е годы проведен обширный цикл исследований по термическому разложению торфов в режиме линейного нагрева [5]. По результатам этих работ была развита математическая модель, описывающая кинетику низкотемпературного термолиза торфа (293-723^{o}K). Разработан пакет прикладных программ, с помощью которых описан механизм изменения функционального состава основных компонентов торфа в процессе термолиза.

По инициативе С.И. Смольянинова на кафедре и в ПНИЛ ГИ развиваются новые направления использования торфа. Среди них комплексная термическая безостаточная переработка торфа с использованием всей разнообразной гаммы входящих в его состав веществ и получением уникальных ценнейших продуктов: торфяного воска, гуминовых кислот, активных сорбентов и др. Определены условия, при которых торф обогащается целевыми продуктами, раскрыт химизм происходящих при этом процессов. Показана экономическая эффективность предварительной термообработки торфа при практическом его использовании.

Перечисленный выше обширный объём исследований был выполнен благодаря активной организаторской деятельности С.И. Смольянинова. Ему удалось создать крупный творческий коллектив, насчитывающий в годы расцвета около 70 сотрудников, в том числе 2 доктора наук, 11 кандидатов. Созданная С.И. Смольяниновым научная школа пользовалась заслуженным авторитетом в научной среде. Результаты работ широко освещались в печати и обсуждались на конференциях, посвящённых проблемам использования торфа (1965, 1983, 1974, 1991 гг.).

Литература

1. Западно-Сибирский железорудный бассейн. Новосибирск, 1964. 448 с. **2.** Научные предпосылки освоения торфяных болот Западной Сибири. М., 1977. 226 с. **3.** Смольянинов С.И., Сагаченко Н.Е. Торфоминеральные гранулированные удобрения // Изв. ТПИ. 1969. Т. 178. С.109-112. **4.** Архипов В.С., Маслов С.Г. Состав и свойства типичных видов торфа Центральной части Западной Сибири // Химия растительного сырья. 1998. № 4. С.9-16. **5.** Смольянинов С.И., Лозбин В.И., Икрин В.М., Белихмаер Я.А. Определение кинетических параметров процесса термического разложения торфа по дериватографическим данным // Химия твёрдого топлива. 1975. № 4. С. 50-56.

Development peat direction in Problem research laboratory of combustible minerals in Tomsk Politechnical University

V.S. Arkhipov, S.G. Maslov

The article is devoted to activity of the professor, dr. S.I. Smolyaninov. The historical review of researches executed under it by a management, on application of peat in various branches (metallurgy, the chemical industry and agriculture) of a national economy is submitted.

НАУЧНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ОСУШИТЕЛЬНОЙ МЕЛИОРАЦИИ В ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

Б.С. Маслов

«Госэкомелиовод», г. Москва, chess-andremas@mtu-net.ru

Прослежен путь развития научных исследований по мелиорации земель в Западной Сибири за 110 лет. Подведены основные итоги и сформулированы нерешенные задачи по мелиорации сельскохозяйственных земель.

Исполнилось 110 лет с начала организации в 1895 г. крупных мелиоративных работ в Западной Сибири и, прежде всего, в ее центре – Барабинской низменности, вызванных необходимостью освоения земель для заселения вдоль строящейся транссибирской железной дороги[1, 2]. Для отработки технологии осушения и освоения болот, уже в 1897 г. был организован на Кошкобинском болоте опытный участок площадью 8.7 га. Осушение его выполнили частыми мелкими каналами протяженностью 235 м/га. В результате водный режим почвы позволял раньше проводить сев. Уже в первый же год получали до 45 ц/га ячменя, 180 ц/га кормо-

вой свеклы. Шло, как теперь, сказали бы, ускоренное освоение болот без возделывания предварительных культур.

Благодаря осушению и обводнению Барабы фонд земель для заселения уже в 1899 г. вырос до 496.5 тыс. га. В результате мелиорации улучшились почвенные и санитарные условия местности, были созданы хорошие луга, уменьшились популяции комаров и оводов – «бича Барабы», делавшего невыносимой жизнь людей и скота. Началось активное заселение Западной Сибири переселенцами из России.

С создания Убинской опытно-мелиоративной станции (УОМС) начала развиваться мелиоративная наука. Организационный период УОМС затянулся до начала Великой Отечественной войны, хотя работы почвоведов и агрономов по изучению природы болот, методов их освоения и использования были начаты ранее. Не хватало мелиораторов для изучения инженерных вопросов. Они начали разрабатываться по существу с появлением на станции эвакуированных из блокадного Ленинграда ученых Северного НИИГиМ – Х.А. Писарькова, В.А. Розина, Б.Г. Гейтмана, В.А. Бобашинской, М.А. Златкина и других.

В феврале 1945 г. Совмин СССР принимает постановление «О мероприятиях по развитию животноводства и созданию кормовой базы в колхозах Барабинской степи Новосибирской области» [3]. Постановление содержало конкретные указания Наркомзему РСФСР, научным учреждениям Москвы (ВНИИГиМ, Почвенный институт имени В.В. Докучаева) и Ленинграда (СевНИИГиМ) по организации экспедиции для проведения проектно-изыскательских работ и по выполнению научных исследований в целях разработки современных методов мелиорации Барабы. Не полагаясь на УОМС, задания были даны головным институтам – ВНИИГиМу и СевНИИГиМу, значительная часть персонала последнего еще была в Барабе.

Во ВНИИГиМе был создан сектор по Барабе (руководитель А.Д. Панадиади), который не обеспечил выполнение темы по мелиорации Барабинской степи и в марте 1947 г. был ликвидирован. Вместо сектора в апреле 1947 г. создали Барабинскую экспедицию (руководители Е.В. Коковин, М.Н. Глотов, а с 1952 г. – В.С. Станкевич). В состав экспедиции вошли специалисты разного профиля М.Н. Глотов, П.Р. Рубин, А.Н. Грецов, В.М. Игнатьева и другие, всего 21 человек.

Для исследования процессов засоления торфяных почв в Барабу направляется группа ученых Почвенного института имени В.В. Докучаева (В.А. Ковда, Н.И. Базилевич и др.) [4]. На основе обобщения имевшихся материалов и собственных исследований Барабинской экспедиции уже в 1949 г. были опубликованы «Методы мелиорации и освоения земель Барабы» [5].

К большому сожалению, работы по Барабинской низменности были фактически прекращены. Причиной тому послужила докладная записка в Госплан СССР, переданная в октябре 1948 г. специалистами Барабинской экспедиции треста «Водстрой» (разработчик «Схемы»), в которой утверждалась экономическая нецелесообразность намечаемых гидромелиоративных работ в Барабинской степи [6].

Научные исследования ВНИИГиМ совместно с УОМС и СевНИИГиМ были продолжены. В 1958 г. издается книга «Мелиоративные мероприятия по Новосибирской области» под редакцией директора ВНИИГиМ члена-корреспондента ВАСХНИЛ А.М. Царевского [7]. В книге рассмотрены мелиоративные мероприя-

тия по Барабинской низменности, Кулундинской степи и зоне Приобья. В ней рассмотрен широкий круг вопросов по осушению болот, улучшению лугов и пастбищ на солонцах и при лиманном орошении, влагонакоплению на пашне, снежной мелиорации, склоновым лиманам, регулированию затопления пойм и орошению дождеванием, а также по сельскохозяйственному водоснабжению, торфяным ресурсам и гидролесомелиорации.

Осушительные мероприятия были ориентированы на ускорение поверхностного стока с болот, перехват склонового стока и только на болотах с сильно засоленными почвами, предусматривалось устройство глубоких ловчих каналов [8]. Основу осушения составляли каналы, кротование и искусственные ложбины. Здесь впервые осуществлялся водоохранный принцип: не сбрасывать, а максимально накапливать и использовать пресные воды [5].

Разработанные наукой и предусмотренные в «Схеме» мероприятия себя полностью оправдали, эффект от комплексной мелиорации был достигнут повсеместно, точнее, везде, где соблюдалась технология мелиорации в сочетании с высокой культурой земледелия [9]. Схема включала две группы мероприятий:

1) в северных районах – мероприятия по осушению и предотвращению поступления солей на болота извне путем регулирования водоприемников, устройства проводящих и ограждающих (нагорных) каналов и освоения травопольной системы земледелия;

2) в центральной и южной частях – мероприятия по обеспечению необходимого водно-солевого режима почв: на незасоленных землях путем строительства регулирующей сети каналов через 100–120 м и кротового дренажа через 10 м, шлюзование каналов; на засоленных землях – каналов через 350–400 м, кротование через 2–3 м, обвалование и шлюзование каналов для создания лиманов, посадку снегозадерживающих лесных полос, внедрение кормовых севооборотов [5, 8].

В последующие годы уточнялись параметры основных приемов мелиорации и ранее недостаточно апробированных способов осушения (закрытый дренаж, искусственные ложбины, кротование и щелевание почвы не были в достаточной мере разработаны). Большой вклад в развитие методов и приемов мелиорации и освоения земель внесли И.И. Логинов, Э.А. Бишоф, И.И. Гантимуров, Н.В. Орловский, Е.А. Гордеева, Е.В. Ган, Г.И. Мухамедзянов и др.

Наибольшие расхождения во мнениях до ныне имеются в вопросе применения закрытого трубчатого дренажа. Он пока не имеет однозначного ответа. В 1974 г., на основе выполненных исследований, И.И. Логинов пришел к выводу, что из-за глубокого промерзания барабинских торфяников закрытый дренаж применять нельзя [10]. Многолетние исследования И.И. Логинова и Г.И. Мухамедзянова показали, что гончарные дрены, уложенные в зоне промерзания на глубине 0.6, 0.8 и 1.0 м, весной почти не работают из-за образующихся в них ледяных пробок, отводят мало воды [11]. Дрены, заложенные ниже глубины промерзания (на глубине 1.1–1.5 м), быстро обеспечивают сброс снеговых вод. Правда, в другом месте (по исследованиям на ином участке) делается вывод, что и более глубокие дрены отводят незначительное количество воды [11]. Закрытые дрены не обеспечили заметной прибавки урожая всех сельскохозяйственных культур. По наблюдениям

упомянутых авторов, в траншейных засыпках из-за неравномерного уплотнения грунта всегда встречаются талые полости, или «воронки», отводящие воду в дрены [12]. Предложения по эффективности дренажа за счет увеличения уклонов дрен, недопущения образования подпоров со стороны проводящих каналов (для борьбы с ледяными пробками) оказались в условиях Сибири не эффективными.

Привлечь для решения вопроса о дренаже опыт Европейской части страны нельзя, поскольку глубины промерзания и характер мерзлоты там отличен от Сибири. Опыт восточных соседей (Крас-ноярский край, Амурская область, Хабаровский край), где имеются опытные системы дренажа, также не годится, т.к. там основные нагрузки на дренаж бывают летом и в начале осени, то есть когда почва талая и ледяные пробки, если они образуются, исчезают. По исследованиям Н.И. Глушковой [13] в Красноярском крае и Иркутской области, закрытый дренаж глубиной 1.2 м с расстояниями между дренами 30 м на мощных торфах, промерзающих на 0.4…1.3 м, обеспечивает надежное осушение. По ее данным глубина заложения дренажа в зоне должна увеличиваться с севера на юг: в подтаежной зоне она должна быть не менее 1.1 м, в лесостепной – 1.3 м и более.

По многолетним исследованиям Западно-Сибирского филиала ВНИИИГиМ, в Тюменской и Томской областях дренаж работает эффективно, но там иной снеговой режим. На осушаемых болотах в поймах Чулыма, Кии и Оби в Томской области не отмечено образование ледяных пробок, оптимальные варианты дренажа на торфяных почвах там следующие: глубина – 1.3 м, расстояние между дренами 25 м [14].

Достаточно исследованы причины перенасыщения торфяной осушаемой почвы в зимний период, ведущего к образованию монолитной мерзлоты, снижению водопроницаемости и пучению почвы [15, 16]. Известно, что к фронту промерзания зимою за счет сил избыточного капиллярного давления и термодиффузии пара подтягивается в Барабинской низменности до 85…106 мм влаги (данные Н.А. Соколовской), в Мещерской низменности 60…80 мм (Б.С. Маслов), в Карелии 40…60 (до 109) мм (И.М. Нестеренко); в среднем на один градус среднесуточной отрицательной температуры воздуха в верхний промерзший слой поступает 0.007 мм влаги [17]. На основе выполненных исследований, В.И. Штыковым предложены формулы для определения коэффициента фильтрации траншейной засыпки в мерзлом состоянии в зависимости от диаметра частиц и разнозернистости грунта с учетом объемной льдистости [18].

Научный поиск по закрытому дренажу должен быть направлен на совершенствование его конструкции. Щелевой и кротовой дренажи в Сибири в части эффективности достаточно обоснованы, необходимо дальнейшее изучение их параметров (глубина, расстояние между дренами, сроки восстановления).

Вопрос применения дренажа в условиях Сибири и в других районах, особенно в современных рыночных условиях, – чисто экономический. По данным Э.А. Бишофа, прибавка урожая от дренажа составляла 20–25 % и оправдывала затраты на него при выращивании картофеля, капусты, силосных культур [19]. В настоящее время, при неоправданно возросших ценах на энергоносители, дренаж вряд ли окупится, даже если резко повысить уровень использования земли.

Основой осушения должны быть открытые каналы. Применяя их, нельзя допускать упрощенчества. К сожалению, ради мнимого удешевления мелиорации,

вместо рекомендованных наукой расстояний между каналами 60–150 м и менее для разных природно-хозяйственных условий применяли порою расстояния до 400 м, что вело к компроментации мелиоративного дела.

По проблеме дренаж-засоление необходимо расширение исследований. В условиях Сибири особенно необходим учет теплового аспекта мелиорации. Известно, что осушение и культуртехника ведут в северных районах к усилению мерзлотных процессов в пределах осушаемого болота. Поэтому заслуживают большого распространения приемы снежной мелиорации и агролесомелиорации, направленные на уменьшение глубины промерзания торфа и ускорения его оттаивания (посадка лесных и кустарниковых полос, землевание торфа и др.).

В заключение нельзя не остановиться на вопросе «а надо ли вообще осушать болота?» Вопрос не праздный, т.к. в последние годы при антимелиоративной эйфории и почти поголовной увлеченности экологией в России сформировалось отрицательное отношение к осушению земель. Такое отношение нередко подогревается не критическим восприятием зарубежной информации.

Проиллюстрирую на примерах. В течение 30–40 последних лет в Голландии и США принимались программы выкупа у фермеров части осушаемых болот для создания на них рекреационных угодий, т.к. других земель в населенных районах у этих государств нет. Это в странах, где практически все заболоченные земли осушены и имеет место перепроизводство сельскохозяйственных продуктов! Можно ли подобный пример не критически переносить на условия России?

В США в 1985 г. принята специальная программа защиты заболоченных земель, отменены льготы фермерам на осушение земель. В 1990–1992 гг. введена 30-летняя программа по восстановлению части природных экосистем из тех, которые были осушены в 1986–1990 гг. Показательно, что не из тех 60 млн. га, что были ранее осушены, уже окультурены и продуктивно используется, а из вновь (после запрета 1985 г.) осушенных, по существу бросовых земель. За пять лет планировалось выкупить 1 млн. га с созданием на них охотничьих угодий, объектов любительского рыболовства, рекреации. Идет массовая пропаганда, в которой нередко звучат голоса о вредном воздействии осушения на природу, об экологическом значении болот, о патриотизме фермера, возвращающего болото природе, и т.п. Это там, где все болота осушены, а у нас они продолжают наступать на поля и леса; по имеющимся данным, ежегодно в Сибири заболачивается 20–30 тыс. га.

Конечно, вопрос осушения болот, являющихся важным составным элементом геосистемы, не имеет однозначного ответа. Болото болоту рознь – это известно, а мелиорация, в том числе осушительная, – не панацея, а средство повышения эффективности сельского хозяйства и устранения малоземелья.

Применение мелиоративных приемов оправдано только при гарантии применения на мелиоративных системах высокой культуры земледелия (удобрения, уход за посевами и т.п.). Мелиорация повышает продуктивность земель и разнообразит ландшафт, а эти два показателя, как учит экология, определяют устойчивость ландшафта. Правильно проведенная мелиорация – основа улучшения ландшафта! Вопрос выбора объектов и типа мелиорации (оптимальных сочетаний мелиоративных приемов) является прежде всего экономическим. Вновь приведу выска-

занное экономистом-мелиоратором Н.С. Фроловым в 1920-е годы положение о том, что до составления проекта следует установить «в какой мере предполагаемая мелиорация необходима и целесообразна и невыгодно ли заменить ее другими мероприятиями или другим видом мелиорации» [3]. Вопросы рационального использования торфяных болот обстоятельно рассмотрены в «Концепции…» [20].

Серьезной проблемой мелиорации земель в Сибири остается проблема борьбы с пожарами на болотах. Известно, что выгорели плодородные осушаемые торфяники на болотах Эльбан и Хурба (Хабаровский край) и др. [3]. Возникает вопрос: нужно ли осушать в таких районах болота, если нет гарантии сохранения торфа?

При экологической оценке целесообразности осушения необходимо учитывать этот серьезный негативный фактор, а в проектах предусматривать систему противопожарных мероприятий, включая более широкое применение осушительно-увлажнительных систем. Это направление исследований пока недооценивается.

Многие вопросы осушения, особенно освоения и использования торфяных болот, нуждаются в дальнейшем изучении, также как и природа самих переувлажненных земель.

Исследования по этой проблеме организованы в научных коллективах Томска, Новосибирска, Тюмени, Барнаула [21].

В заключение хотелось бы подчеркнуть, что экологически безопасными являются комплексные мелиорации, только на их основе могут быть созданы высокопродуктивные и устойчивые ландшафты. Именно за ландшафтной мелиорацией будущее нашего земледелия.

Литература

1. Лапа В.И. Освоение Барабинской низменности: итоги работ за столетие // Мелиорация и водное хозяйство. 1995. № 3. С. 5-9. **2.** Маслов Б.С. 100 лет мелиорации земель в Западной Сибири: третья экспедиция И.И. Жилинского // Вопросы мелиорации. 1995. № 1-2. С. 22-25. **3.** Маслов Б.С., Колганов А.В., Гулюк Г.Г., Гусенков Е.П. История мелиорации в России. Том 2. М., 2002. 528 с. **4.** Орловский С.Н., Мукина Л.Р. Барабинской низменности мелиорация // Мелиоративная энциклопедия. Том 1. М., 2003. С. 84-86. **5.** Шаумян В.А., Станкевич В.С., Коковин Е.В. Методы мелиорации и освоения земель Барабы // Гидротехника и мелиорация. 1949. С.12-17. **6.** Записка об экономичной нецелесообразности гидромелиоративных работ… РГАЭ (ГАНХ). Ф.4372, оп. 41, д. 1228. **7.** Царевский А.М., Станкевич В.С., Рубин П.Р. и др. Мелиоративные мероприятия по Новосибирской области (Материалы к сессии ВАСХНИЛ). М., 1958. **8.** Панадиади А.Д. Бараба и перспективы ее освоения // Гидротехника и мелиорация. 1949. № 6. С. 26-33. **9.** Кашицына Л.Г. Эффективность использования осушенных земель Новосибирской области // Мелиорация земель Сибири и Дальнего Востока. М., 1985. С. 20-27. **10.** Логинов И.И. Изменение свойств торфяных почв Барабинской низменности Западной Сибири // Тр. X Междунар. конгресса почвоведов. М. 1974. С. 318-324. **11.** Логинов И.И., Мухамедзянов Г.И. Исследование работы закрытого дренажа на торфяных почвах Барабинской низменности // Мелиорация земель Сибири. Красноярск, 1984. С. 51-52. **12.** Мухамедзянов Г.И. Изучение водопроницаемости мерзлых торфов осушенных болот Барабы // Оптимизация водного режима и продуктивность мелиорированных земель Западной Сибири. Красноярск, 1987. **13.** Глушкова Н.И. Особенности осушения болот в условиях глубокого сезонного промерзания // Автореф. дисс. ...к.т.н. М., 1990. 19 с. **14.** Маслов Б.С., Махлаев В.К. Закрытый дренаж на торфяных почвах Западной Сибири // Вестник

с.-х. науки. 1982. № 3. С. 124-130. **15.** Гантимуров И.И. Проблемы осушительной мелиорации // Мелиорация болот Сибири. Красноярск, 1980. С. 46-50. **16.** Сребрянская П.И. Явления сезонного замерзания и оттаивания почв центральной Барабы // Тр. Почвенного института им. В.В. Докучаева. 1954. Т. 42. С. 12-20. **17.** Маслов Б.С. Режим грунтовых вод переувлажненных земель и его регулирование. М., 1970. 232 с. **18.** Штыков В.И. Закрытый дренаж в условиях глубокого сезонного промерзания почв // Мелиорация и водное хозяйство. 1995. № 3. С.28-30. **19.** Бишоф Э.А. Способы осушения и сельскохозяйственного использования болот Барабинской низменности // Мелиорация и водное хозяйство. 1995. № 3. С. 26-28. **20.** Концепция охраны и рационального использования торфяных болот России / Под ред. Л.И. Инишевой. Томск, 2005. 114 с. **21.** Маслов Б.С. Наука Сибирью прирастать будет // Мелиорация и водное хозяйство. 2004. № 2. С. 9-11.

Scientific security of drainage in Western Siberia
B.S. Maslov

Is shown a path of development of scientific researches on drainage of grounds in Western Siberia for 110 years. The basic totals are bringed and the unsolved tasks on drainage of agricultural grounds are formulated.

БОЛОТА, ИХ РОЛЬ В ГЕОСТОКЕ ЗЕМЛИ

Л.И. Инишева
Сибирский НИИ торфа СО РАСХН, Томский государственный педагогический университет, inischev@mail.tomsknet.ru

Рассмотрен химический состав болотных вод на примере ландшафтного профиля на заболоченном водоразделе и приведен расчет выноса растворенных веществ с мигрирующими поверхностными водами внутриболотного стока.

Первые болота на нашей планете появились на стыке двух геологических периодов – силура и девона (около 400 млн. лет назад). Именно в этот период вышли из водной среды предки современных растений и болота сыграли роль моста, по которому растительность перешла из водной среды на сушу. За сотни миллионов лет слои торфа превратились в горизонты каменного угля.

Современные болота существенно отличаются от ископаемых, их максимальный возраст – 12 тыс. лет. Торфяные болота распространены почти на всей земной поверхности в пределах всех климатических зон. Имеются данные о погребенных залежах торфа даже в Гренландии, на Шпицбергене и антарктических островах. Нет их лишь в отдельных районах – например, в странах с засушливым климатом. Наибольшее число торфяных болот располагается в Северном полушарии, где господствуют гидроморфные условия.

Россия располагает крупнейшими в мире запасами торфа. Площадь торфяных болот в нашей стране составляет около 2/5 от мировой. Крупнейшим торфяным регионом планеты является Западно-Сибирская равнина. Здесь сосредоточено 70 %

от всех торфяных ресурсов РФ. Более 90 % общих торфяных ресурсов Западной Сибири являются прогнозными. Свыше 50 % располагаются в Тюменской области и около 30 % - в Томской. Поэтому, не будет преувеличением сказать, что болота – это наше достояние.

В чем же особенность торфяных болот? Это лесные угодья, на которых произрастают леса; это сельскохозяйственные земли, с которых получают высокие урожаи сельскохозяйственных культур после проведения осушения. Это и природный ресурс, позволяющий получить более 40 видов продукции, причем часть из них весьма уникальная – активные угли, строительные материалы, сорбенты, медицинские препараты.

Болота – элемент ландшафта. Занимая такую огромную площадь, они обеспечивают экологическое равновесие в биосфере и с позиций генофонда флоры и фауны и с позиций ее климата. Последнее представляет собой очень актуальную проблему, т.к. согласно рамочной конвенции ООН об изменении климата и Киотского протокола к ней, учет функций экосистем, среди которых увеличение поглощения важнейшего парникового газа диоксида углерода имеет приоритетное значение. Отсюда важна роль природных поглотителей оксида углерода. Таковыми являются торфяные болота. Запасы углерода в торфах мира достигают 230 млрд. т из них 116 млрд. располагаются в России. И в настоящее время торфяные болота распространяются по территории, т.к. процесс заболачивания прогрессирует и ежегодно, например, в Западно-Сибирских болотах добавляется до 20 млн. т углерода. Согласно же мнению отдельных ученых [1], при естественном развитии болот через 3-5 тыс. лет все леса Западной Сибири, за исключением приречных участков, будут заболочены. Как это ни фантастически звучит, мы являемся невольными свидетелями непрерывно продолжающегося процесса депонирования углерода из атмосферы в виде прироста торфяной массы.

Но болота, это еще и водные угодья. Известно, что относительная влажность торфяных залежей составляет 90-96 %. Например, в торфяниках Западной Сибири законсервировано около 1 тыс. км^3 влаги, т.е. в среднем 1000 мм на единице заболоченной площади (1 млн. км^2), это значительно превышает годовой сток рек (100-300 мм) в этом регионе [2]. Всего болота, занимая 4 % суши, аккумулируют в себе около 4.3 тыс. км^3. Болота можно сравнить с гигантским водоемом. Из расчета же, что ежегодный прирост торфяной залежи составляет от 0.4 до 1.0 мм в год, в ней на каждом км^2 площади консервируется еще 1000 т болотной воды. О воде как важнейшем компоненте природной среды, обеспечивающем жизнь на Земле и сохраняющем Биосферу, написано достаточно много, но о воде болот – практически ничего неизвестно. Вместе с тем болота занимают особое место среди важнейших факторов и условий воспроизводства водных ресурсов. Вот и попытаемся внести в эту проблему какую-то ясность, посвятив ей большую часть этой статьи.

Итак, поставим задачи:

- что такое болотные воды;

- как формируется их химический состав;

- какое влияние могут оказать болотные воды на химический состав общего геостока на Земле.

Состав болотных вод имеет ряд особенностей: они обогащены органическим веществом (ОВ) гумусовой природы, почти не содержат растворенного кислорода, имеют низкую минерализацию. Согласно А.И. Перельману [3], болотные воды по окислительно-восстановительным условиям представляют собой систему, для которой характерны ассоциации окислителей (O_2, Fe^{3+}) и восстановителей (растворенные гуминовые кислоты и Fe^{2+}). Наличием в болотных водах большого количества гумусовых веществ (ГВ) специфической природы объясняются многие особенности болотных вод. Среди ГВ выделяют две главные совокупности: гуминовые кислоты (ГК) и фульвокислоты (ФК), последние - 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 [4, 5].

Высокая обменная емкость ГК обеспечивает образование прочных комплексных соединений с ионами металлов. Заметим, что подвижность ГК определяется содержанием поливалентных катионов в системе торф - болотная вода, и чем выше их содержание, тем больше образуется нерастворимых солей гуминовых веществ, которые оседают в межчастичном пространстве торфа. Известно, что в инактивации поливалентных катионов преимущественно участвуют тонкодисперсные частицы, полуторные оксиды, карбонаты и гуминовые вещества. Содержание высоких концентраций специфических гумусовых веществ является результатом процессов торфо- и диагенеза в торфяной залежи.

Рассмотрим химический состав болотных вод на примере заболоченного водораздела с болотными системами: осоковая топь (пункт 5), сосново-кустарничково-сфагновый с низкой сосной (низкий рям, пункт 3) и такой же БГЦ с высокой сосной (высокий рям, пункт 2). С заболоченного водораздела формируется болотная речка Ключ (площадь водосбора 57 км^2), которая несет свои воды в другую более крупную реку Бакчар (площадь водосбора 2040 км^2), но также болотного происхождения (рис. 1) и вытекающая из Васюганского болота. Таким образом, объект исследований – гидрологический профиль (трансект-катена), в котором болотные экосистемы увязаны в ландшафте с геоморфологией, геологией, гидрологией, природными режимоциклами. Трансект-катена как геосистемная модель позволяет проводить балансовые исследования, в том числе и геохимические.

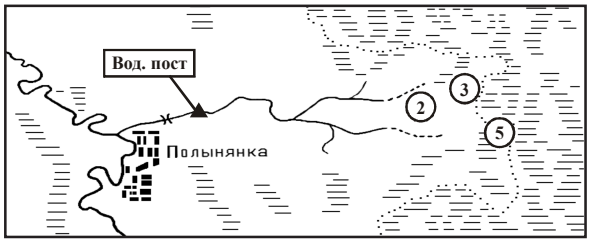


Рис. 1. Схема расположения ландшафтного профиля.
2 - высокий рям; 3 - низкий рям; 5 - осоково-сфагновая топь.

Многолетние наблюдения позволили выявить определенную закономерность в химическом составе вод на профиле. Результаты определения концентрации химических элементов в р. Ключе выявляют их значительную изменчивость в разные годы и гидрологические фазы стока (табл. 1).

Болотные воды характеризуются пониженными концентрациями в воде Ca^{2+}, HCO_3^-, SO_4^{2-}, но несколько повышенными – $Fe_{общ}$, NH_4^+ и появлением промежуточного продукта восстановления NO_3^- - NO_2^-. Последние могут присутствовать только в восстановительных условиях. Заметим также, что воды р. Ключ обогащены ОВ, что подтверждается высокими концентрациями гуминовых, фульвокислот и ХПК. Химический состав вод р. Бакчар, берущей начало в болотах и среди них протекающей, в значительной повторяет химический состав вод р. Ключа.

Таким образом, сток с олиготрофных болот определяется атмосферными осадками. Однако, состав вод р. Ключа свидетельствует о том, что поверхностные талые воды успевают перемешаться с водами зоны деятельного слоя торфяной залежи, прошедшими биохимический цикл обменных процессов, что подтверждается их усредненным химическим составом (табл. 1).

Таблица 1

Химический состав речных и болотных вод, мг/л
(числитель – диапазон изменений, знаменатель – среднее значение)

Компонент	Р. Бакчар	Р. Ключ	Болотные воды			Твердые атмосферные осадки
			П. 2	П. 3	П. 5	
pH	6.5-7.5 7.2	6.6-7.1 6.7	4.6-5.6 4.7	3.6-4.3 4.0	3.9-4.5 4.1	7.0
Ca^{2+}	9.3-45.3 32.5	8.0-28.0 17.6	3.0-7.2 5.2	0.6-6.2 1.9	1.0-6.0 2.6	0.7
Mg^{2+}	7.3-18.8 12.1	6.7-15.2 9.9	0.5-6.3 2.6	0-3.0 1.6	0-4.3 1.7	0
Na^+	1.4-14.0 5.3	1.7-2.6 2.2	0.1-1.9 1.2	0.4-0.7 0.6	0.1-1.1 0.7	1.5
$^*NH_4^+$	0.2-3.8 1.6	0.4-3.9 1.8	0.4-4.1 2.3	0.2-2.9 1.4	0.2-2.3 1.4	1.2
$^*Fe_{общ}$	1.5-4.9 3.1	2.0-5.9 3.6	1.6-7.0 4.7	1.6-3.8 2.8	1.0-3.8 2.5	0.01
HCO_3^-	54.3-160.0 96.5	24.4-109.1 56.6	4.8-24.5 11.8	0.0-13.5 3.6	0.0-12.8 3.5	8.5
SO_4^{2-}	0.0-0.8 0.3	0.0-3.8 1.8	0.0-1.0 0.3	0.0-2.9 0.5	0.0-3.3 0.7	1.0
NO_3^-	0.23-1.7 0.63	0.3-2.4 1.5	0.3-0.8 0.5	0-1.9 0.7	0.2-1.4 0.7	0.3
$^*NO_2^-$	0.002-0.07 0.03	0.002-0.1 0.03	0.0-0.01 0.004	0	0.0-0,009 0.004	0

Химический состав болотных вод определяется биохимическими процессами, протекающими в торфяных залежах. Известно, что углерод в форме растворимых фенольных, альдегидных, карбоксильных соединений, а также фульво- и гу-

мусовых кислот присутствует в болотной воде верховых болот в пределах 20-105 мг/л [6-10].Содержание водорастворимого углерода в исследуемых водах в своих максимальных значениях составляет 145.6 мг/л в торфяной залежи сосново-кустарничково-сфагнового фитоценоза и 80.5 мг/л – в торфяной залежи осоковой топи. Высокое содержание углерода отмечается в реках Ключ и Бакчар.

Важная роль в формировании гидрохимического состава болотных вод принадлежит водорастворимым гумусовым кислотам, особенно фракциям ФК. Воды болот в этом случае характеризуются желтоватой окраской, а величина окисляемости обычно имеет значение от нескольких десятков до сотен мг O_2/л, в среднем составляя 200-300 мг O_2/л. Содержание водорастворимого углерода в снеге, например, не превышает 8 мг/л, окисляемость – 12.3 мг O^2/л. Превышение содержания ФК относительно ГК в исследуемых водах составляет 5-20 раз, чаще до 10. Таким образом, химический состав стока с заболоченного водосбора определяется не только атмосферными осадками, как это полагают некоторые исследователи [8, 9], но и трансформационными процессами в самой торфяной залежи.

Как возникает торфяная залежь? Отмирающие и частично разрушенные процессами гниения части растений погружаются в болотную топь. В глубине топи процессы разрушения резко замедляются из-за недостатка кислорода. Микроорганизмы, живущие в безкислородной среде, разлагают растительные остатки значительно слабее. Каждый сезон нарастает растительная масса, затем под воздействием поднимающихся все выше грунтовых вод создаются анаэробные условия и происходит неполное разложение и накопление растительных остатков.

Далее опять, только что полуразложившиеся остатки растений накрываются новым зеленым ковром, который в свое время тоже отмирает и оказывается погребенным под слоем свежих растений. Так продолжается сотни и тысячи лет. Но это не мертвая масса растительных остатков. В ней происходит бурная жизнь.

Заметим, что растения торфообразователи содержат углеводы, липиды, белки, лигнин в самых разнообразных сочетаниях. Например, сфагновые, зеленые мхи и некоторые травы (осоки, пушица, шейхцерия) отличаются повышенным содержанием гемицеллюлозы. Но и в этом классе органических веществ, среди растений торфообразователей имеются различия. Так сфагнум магелланикум содержит 37 % пентозанов и 63 % гексозанов; а шейхцерия - соответственно 39 % и 61 %. Но особенно выделяется пушица, у которой количество пентозанов достигает 80 %. И так по каждому классу веществ (вот почему столько продукции разного качества можно получить из торфа!

Говоря о химическом составе торфообразователей, нельзя не упомянуть о веществах антисептиках (фенолы, фенолкарбоновые кислоты), которые делают недоступными микрофлоре биохимически нестойкие вещества. С ростом степени разложения возрастает выход фенолсодержащих соединений, которые представляют собой фенолсодержащие дубители и антиокислители. Отчасти именно наличие этих веществ в составе болотных растений способствует неполному разложению и консервации их в торфяной залежи. И если в торфяную залежь попадает живое существо, оно также подлежит процессу дубления и хорошо сохраняется. С этими свойствами торфяных залежей связано нахождение умерших болотных

людей в хорошо сохранившемся состоянии. Так в апреле 1952 г. в Шотландии в Небельгардских болотах близ Грубалле был найден труп человека, пролежавший в болоте 1500 лет. На его ступнях и ладонях рисунок линий был настолько отчетлив, что с некоторых пальцев удалось снять уникальные дактилоскопические отпечатки.

К преобразованию растительных остатков приступают миллиарды существ. Это бесчисленные микроорганизмы, которые неустанно трудятся ночью и днем, зимой и летом, словно сказочные гномы в подземном царстве. И так целые тысячелетия! В летний период к ним присоединяются крупные обитатели торфяных почв – беспозвоночные животные. В каждом горизонте торфяной залежи работают свои группы микроорганизмов. Наиболее существенные изменения физических и химических свойств растительных остатков происходят в верхнем горизонте. Здесь под воздействием гетеротрофных микроорганизмов-аэробов сложные полимеры растений распадаются до более простых, образуя новые полимеры – гумусовые вещества. В нижних анаэробных горизонтах и при относительно стабильных условиях температуры и влажности работает другая микрофлора и на первый план выходят химические процессы превращения органических веществ (дегидратация и декарбоксилирование), приводящие к полимеризации молекул сложных полимеров.

Таблица 2

Фракционно-групповой состав торфов олиготрофных ландшафтов

Глубина, см	Вид торфа	Содержание, % масс.					
		ВР	ЛГ	липиды	ГК	ТГ	Л
Осоково-сфагновая топь – пункт 5							
0 – 50	Сфагново-мочажинный **В**	0.3	33.4	0.2	30.5	1.05	25.1
50 – 100	Сфагново-мочажинный **В**	0.4	29.5	0.9	33.0	9.7	26.5
100 – 150	Осоково-сфагновый **П**	0.2	42.5	0.2	28.0	14.1	15.0
150 – 200	Осоковый **П**	0.1	31.5	1.7	29.2	15.0	22.5
200 – 250	Травяной **Н**	0.1	14.8	1.3	46.6	10.2	27.0
250 - 270	Папоротниковый **Н**	0.1	15.4	0.2	45.9	10.5	27.9
Низкий рям – пункт 3							
0 – 50	Фускум **В**	0.9	30.6	2.6	25.1	15.2	25.6
50 – 75	Фускум **В**	1.2	16.6	1.7	25.2	16.4	38.9
75 – 100	Медиум **В**	0.4	29.6	0.6	19.8	17.3	32.3
100 – 150	Медиум **В**	0.4	33.5	1.4	19.0	10.3	35.4
150 – 200	Сосново-пушицевый **В**	0.3	23.6	0.7	37.1	13.8	24.5
200 - 250	Осоковый **Н**	0.3	16.3	0.2	25.2	17.2	40.8
250 - 300	Травяной **Н**	0.1	38.6	0.2	21.2	16.0	23.9
Высокий рям – пункт 2							
0 – 25	Сосново-пушицевый **В**	1.6	22.4	3.9	27.6	4.2	40.3
25 – 50	Древесно-пушицевый **П**	1.6	28.3	3.6	22.7	8.1	35.7
50 – 75	Древесно-пушицевый **П**	1.2	36.6	2.6	23.0	9.2	27.4
75 - 100	Древесно-пушицевый **П**	0.4	32.7	0.9	39.8	11.0	15.2

Примечание: ВР – водорастворимые; ЛГ – легкогидролизуемые; ТГ - трудногидролизуемые; ГК – гуминовые кислоты; Л – лигнин; В – верховой; П – переходный; Н - низинный.

Приведем результаты этих процессов в вышеописанных биогеоценозах. Сравнивая состав органических веществ поверхностных, где особенно активно формируется химический состав болотных вод, с нижележащими горизонтами торфяной залежи, можно оценить биогеохимические условия их образования (табл. 2).

Так с повышением степени разложения в торфе увеличивается содержание трудногидролизуемых веществ и гуминовых кислот. Повышенное содержание липидов в торфах поверхностного горизонта обусловлено отмершей биотой на начальной стадии торфогенеза: с увеличением степени гумификации и глубины залегания их содержание снижается. Появление в ботаническом составе пушицы определило увеличение содержания лигнинов. Имеются отличия и по отдельным торфяным залежам рассматриваемых биогеоценозов, т.к. на состав и распределение органических веществ в торфяной залежи оказывают влияние почвообразующие породы, особенность залегания торфяных залежей по рельефу, а также разные условия торфообразования (водный и тепловой режим, растительность).

Рассмотрим микробиологические условия формирования болотных вод в ландшафтном профиле. Прежде всего, следует отметить достаточно высокую активность микрофлоры при наличии кислой реакции среды. Активная роль микроорганизмов в разрушении сложных органических веществ торфа обусловлена особенностями их метаболизма. В микробную клетку могут поступать только относительно простые ОВ. Поэтому микробы разлагают высокомолекулярные соединения торфов вне клетки до уровня простых сахаров, аминокислот, жирных кислот и т. д. Разложение ОВ торфов происходит при участии, главным образом, аммонификаторов, разрушителей безазотистого ОВ, гумусоразрушающих микроорганизмов. Активность последних практически одинакова в деятельном и инертном горизонтах.

Невысокие значения численности микроорганизмов характерны для деятельного и инертного горизонтах торфяной залежи осоково-сфагновой топи, где отмечается высокое содержание легкоусвояемых веществ, а уровень болотных вод не опускается ниже 25 см. В этой части профиля преобладают процессы минерализации, что подтверждается соотношением КАА/МПА (отношение микроорганизмов, произрастающих на крахмалоаммиачном агаре к микроогранизмам, произрастающим на мясопептонном агаре, что свидетельствует о соотношении процессов минерализации и гумификации; если отношение больше 1, то преобладают процессы минерализации и наоборот). В торфяной залежи высокого ряма, служащего геохимическим барьером стока веществ с заболоченного водосбора р. Ключ, соотношение КАА/МПА свидетельствует о преобладании процессов гумификации над минерализацией. Таким образом, в условиях повышенной концентрации органических и минеральных соединений, привнесенных в пункт 2 гидрологического профиля, происходит биохимический процесс их полимеризации.

Таким образом, можно констатировать наличие активных биохимических процессов по всей глубине метровой торфяной залежи, но характер процессов в аэробном и анаэробном горизонтах различается.

Итак, в процессе болотного торфообразования, в процессе которого под действием микрофлоры происходит процесс трансформации растений-тофообразователей, одновременно формируется химический состав болотных вод.

Было бы интересно рассчитать, сколько и каких элементов и веществ за сезон р. Ключ выносит с заболоченного водораздела. Отметим, что в будущем одной из основных задач будет развитие идей о геостоке. Геостоком можно считать суммарный речной сток воды, наносов, растворенных веществ, тепла. Соподчинение частных водосборов, элементов русловой сети носит явно системный характер. Поэтому изучение конкретных водных объектов и характерных для них физических, химических и биологических процессов трансформации вещественных и энергетических потоков на водосборных территориях представляет большую перспективу в отношении химической компоненты геостока. Сложно предположить, что в данной экономической ситуации эта проблема будет решаться на основе создания крупномасштабной системы мониторинга всех рек страны. Более реальна отработка моделей геостока для малых водосборов, находящихся в разных природных условиях, как, например, рассмотренного в данной работе заболоченного водосбора реки Ключ.

Основной особенностью заболоченного бассейна является близкое к поверхности земли залегание уровня грунтовых вод. Колебания увлажнения почвогрунтов наблюдается лишь в верхних горизонтах деятельного слоя. Пористость и коэффициенты фильтрации резко увеличиваются к поверхности. Поэтому поверхностный сток, составляющий для малых водосборов Васюганья 90–100 % от годового, формируется после поступления на поверхность водосбора такого количества талой или дождевой воды, которое обеспечивает подъем уровней гравитационных вод к поверхности земли. В годы с низким осенним увлажнением существенный сток с болот начинается в конце периода снеготаяния, когда талая вода с открытых болот доходит до краевых топей. Это связано с тенденцией понижения уровня болотных вод от центра к периферии болотного массива, в результате чего основное количество талой воды, сформированное на периферийной части болота, расходуется только на подъем уровня воды в деятельном слое. Кроме того, задержка талых вод, сформировавшихся на открытом болоте в заболоченном высокорослом лесу, приводит к тому, что приток в русловую сеть с болот и леса начинаются практически одновременно. После окончания снеготаяния и прохождения пика половодья происходит плавное снижение уровней болотных вод и стока р. Ключ, нарушаемое дождевыми паводками. Основной сток р. Ключ в этот период формируется за счет стока с болот, поэтому между уровнем болотных вод и стоком реки наблюдается довольно тесная связь.

Подъем уровня на различных болотных микроландшафтах начинается в разное время и зависит от условий сложившихся в каждом из них в течение осенне-зимнего периода. Первые одну две недели подъем уровня болотных вод идет медленно - в среднем не более 1 см/сутки, затем интенсивность подъема увеличивается до 2-3 см/сутки, а в отдельные годы до 10 см/сутки. Общая продолжительность подъема составляет 5-35 дней. Продолжительность стояния высоких уровней, как правило, 1-2 суток, на некоторых микроландшафтах - до 5-10 суток в году. Интенсивность последующего понижения уровня болотных вод и его значения определяются ходом температуры воздуха и выпадения атмосферных осадков.

Согласно вышеизложенному, при разработке математической модели выноса химических веществ с поверхности водосборного бассейна и их движения по русловой сети принималось во внимание, что вынос химических элементов в период весеннего половодья и дождевых паводков происходит преимущественно с поверхностным стоком воды, который изменяется не только во времени, но и по площади водосбора; пространственная неоднородность условий формирования стока учитывается разделением водосбора по ландшафтному признаку. Как пример приведем общий объем выноса. Общий объем выноса химических элементов за период стока в средний год обеспеченности осадков составил: Ca^{2+} - 1398 кг/км^2, $Fe_{общ}$ – 311, SO_4^{2-} - 391, NO_3^- - 236, NO_2^- - 1, Pb – $2.253*10^{-3}$, Mn – $317.29*10^{-3}$, Zn – $41.191*10^{-3}$ Ti – $29.651*10^{-3}$ кг/км^2.

Характеристики модели, ее идентификация и верификация подробно изложены в работе [10]. В качестве примера применения модели выполнены расчеты выноса гуминовых кислот с поверхности водосбора р. Ключ за половодье одного года (рис. 2). Полученные результаты свидетельствуют об удовлетворительной сходимости рассчитанных и фактически наблюденных гидрографов расхода гуминовых кислот в замыкающем створе р. Ключ и, следовательно, о возможности применения рассматриваемого подхода к моделированию выноса растворенных веществ с заболоченных территорий.

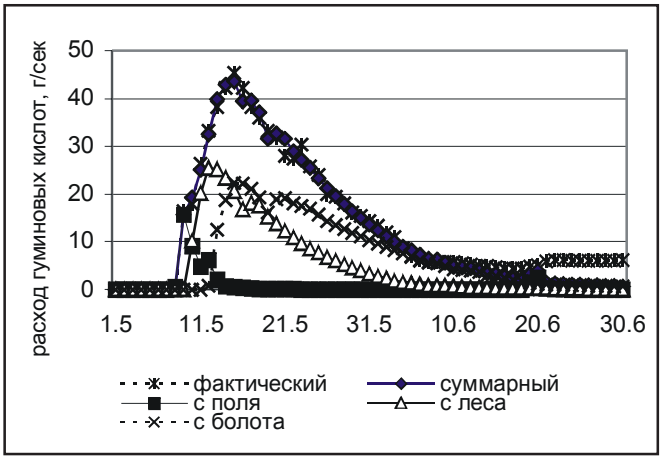


Рис. 2. Фактический и рассчитанный (суммарный) гидрографы выноса гуминовых кислот

Вот мы немного и прикоснулись к тайнам болот и даже попытались рассчитать, какой вклад делает болотная речка, стекающая с болотного водосбора, в общий геосток Земли.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (грант № 04-05-65197).

Литература

1. Нейштадт М.И. Мировой природный феномен – заболоченность Западно-Сибирской равнины // Изв. АН СССР. Сер. География. 1971. № 1. С. 21-34. **2.** Нейштадт М.И. Краткая история исследований // Научные предпосылки освоения болот Западной Сибири. М., 1977. С. 8-12. **3.** Перельман А.И. Геохимия, 2-е изд. М., 1989. Т. 5. 572 с. **4.** Варшал Г.М. Методы анализа природных и сточных вод // Проблемы аналитической химии. М., 1997. Т. 5. С. 95-107. **5.** Варшал Г.М., Велюханова Т.К., Кощеева И.Я. Геохимическая роль гуминовых кислот в миграции элементов // Гуминовые вещества в биосфере. М., 1993. С. 97-117. **6.** Базин Е.Т., Зеленая О.А., Ларин И.Ф. и др. Рациональное использование и прогноз природных ресурсов. Калинин, 1979. С. 69–74. **7.** Dalva M., Moore T.R. Sources and sinks of dissolved organic carbon in a forested swamp catchment biogeochemistry. 1991. Vol. 15. P. 1-19. **8.** Ефремова Т.Т., Ефремов С.П., Мелентьева Н.В. Водные ресурсы болот России и оценка их химического состава // География и природные ресурсы.. 1998. № 2. С. 79-84. **9.** Федорова Е.В., Суслова С.М., Ярушина Н.Б. Вынос химических веществ стоком половодья с “условно фоновых“ водосборов Уральского региона // Водн. хоз. России. 2000. Т. 2. С. 159-171. **10.** Инишева Л.И., Инишев Н.Г. Водная миграция химических веществ в системе геохимически сопряженных ландшафтов с потоком поверхностно-болотных вод // Проблемы водных ресурсов на рубеже третьего тысячелетия. Томск, 2000. С. 204-208.

Role of bogs in a geological runoff of the Earth

L.I. Inisheva

The chemical compound of bog waters is considered by the example of a landscape structure on a boggy watershed and calculation of carrying out of the dissolved substances with migrating superficial waters of an intrabog runoff is resulted.

ОПЫТ И СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ МЕЛИОРАЦИИ И РЕКУЛЬТИВАЦИИ ТОРФЯНЫХ ПОЧВ

Ф.Р. Зайдельман

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова

Экспериментально показано, что различные виды пескования не только изменяют водный и температурный режим всего профиля осушенных торфяных почв, но и вызывают существенную активизацию биологической активности всех горизонтов профиля от поверхности до грунтовых вод. Следствием этого является интенсификация биохимического разложения органического вещества торфа. Раскрыты последствия пирогенной деградации осушенных торфяных почв и предложены способы рекультивации различных видов пирогенных образований. Рассмотрены способы защиты осушенных торфяных почв от гидротермической и пирогенной деградации.

Торфяные почвы - одна из наиболее своеобразных и наименее устойчивых в земледелии групп почв гумидных ландшафтов. Любое использование торфяных почв предполагает их предварительное осушение. После осушения торфяные почвы низинных болот оказываются в новых термодинамических условиях. Процесс аккумуля-

ции органического вещества сменяется его биохимическим разложением. Осушение и сельскохозяйственное использование резко меняют свойства и режимы торфяных почв. Происходит усадка торфа, повышается температура органогенных горизонтов, восстановительные условия сменяются на окислительные. Понижение уровня грунтовых вод повышает биологическую активность торфяных почв. Темпы разложения торфа определяются естественными и антропогенными факторами. Они максимальны в незамерзающих болотах южной тайги Европейской части страны и минимальны (около 1 мм) в длительносезонномерзлотных торфяных почвах Сибири.

Осушение торфяных почв сопровождается окислением их органического вещества и, как следствие, необратимой потерей углерода. Поэтому земледелие на торфяных почвах должно быть направлено на поддержание положительного (или нейтрального) баланса углерода. Вместе с тем, современная эволюция осушенных торфяных почв осуществляется в условиях постоянно действующего процесса их гидротермической деградации. Из этого следует, что система освоения таких почв не может быть направлена только на получение максимальной прибыли. При использовании осушенных торфяных почв следует, в первую очередь, учитывать необходимость осуществления мероприятий по поддержанию стабильного баланса углерода в их профиле и только затем - оценивать экономическую целесообразность вовлечения в сельскохозяйственное освоение. Однако пока в нашей стране всё ещё не реализуются необходимые мероприятия по защите торфяных почв от гидротермической деградации. Вместе с тем, во многих странах наряду с другими приёмами защиты торфяных почв широко используют разные виды пескования.

Пескование как способ защиты торфяных почв от гидротермической деградации

Практика внесения песка в поверхностные горизонты торфяных почв получила широкое распространение в Норвегии, Швеции, Финляндии, Германии, Дании, Голландии. В России это мероприятие в производственных условиях практически не применяют. В странах Европейского континента широко используют три вида пескования - смешанное, покровное и немецкое смешаннослойное. Последнее заключается в глубокой пахоте торфяных почв, которая образует профиль из поставленных под углом 45^{o} призм торфа и песка, перекрытых сверху слоем песка, мощность которого соответствует 14-16 см. Смешанное пескование широко применяется в странах северной и средней Европы. В России этот способ не получил производственного применения, но ещё в начале XX века нашёл отражение в работах В. Бёрша [1], Б. Такке [2], Б.Д. Оношко [3] и др. авторов.

Смешанное пескование - внесение песка в пахотный горизонт массой 300-500 тонн на гектар и его последующее перемешивание при пахоте с торфом пахотного горизонта. При покровном песковании на поверхности торфяной почвы формируют пахотный песчаный горизонт с последующей припашкой 2-3 см торфа для его обогащения органическим веществом. Этот приём получил название покровной или римпауской культуры. Для формирования песчаного пахотного горизонта на поверхности осушенных торфяных почв размещают 1800-2200 т/га песка. Последний тщательно распределяют по поверхности поля.

Несмотря на длительное применение пескования, до последнего времени оставалось неизвестным, как влияет внесение песка на темпы сработки органического вещества осушенных торфяных почв и гидротермический режим всех горизонтов от поверхности до грунтовых вод. Существующие наблюдения отражали происходящие изменения преимущественно в верхней 20-40 см толще. Необходимы новые данные о режимах торфяных почв по всему профилю от поверхности до грунтовых вод, сведения о биологической активности и темпах разложения органического вещества осушенных торфяных почв в условиях пескования. В этом заключалась цель предпринятых нами исследований [4, 5].

Объект исследований и влияние пескования на свойства и режимы осушенных торфяных почв

Исследования выполняли на территории польдера «Макеевский мыс» в пойме реки Пры, расположенном в пределах Рязанской Мещеры, одном из регионов Окско-Мещерского полесья. Польдер занимает площадь 2000 га, образованную осушенными низинными торфяными почвами. Они подстилаются толщей оглеенного мелкозернистого песка. После осушения и 28 лет эксплуатации средняя мощность торфяной толщи 90-100 см. Торф древесно- травяной, степень разложения - 50-55 %. Поверхностный горизонт мощностью 0-27 см характеризуется следующими свойствами: pH водной вытяжки – 6.2-6.4, зольность – 15 %; степень насыщенности основаниями – 76 %, плотность – 0.22-0.29 г/см^3, пористость - 81-86 %. Коэффициент вертикальной фильтрации с поверхности – 0.30 м/сутки.

Исследовалось влияние смешанного и покровного пескования на свойства, режимы, продуктивность, биологическую активность, скорость разложения осушенных торфяных почв. Контролем являлись торфяные почвы без внесения минерального субстрата (чёрная культура).

Влияние пескования на физические свойства почв. Установлено, что пахотный горизонт торфяной почвы в условиях чёрной культуры имеет повышенную плотность сложения (0.30 г/см) относительно нижних горизонтов почвенного профиля (0.26, 0.25, 0.22, 0.17 г/см ^{3} в слоях 25-30, 33-38, 39-49, 50-60 см соответственно). В условиях пескования плотность пахотного закономерно увеличивается в ряду: черная культура (0.30 г/см^3) - смешанное (0.46 г/см^3) - покровное (1.03 г/см ^{3}) пескование. Прослеживается тенденция увеличения плотности подпахотного горизонта торфяной почвы в условиях покровного пескования (достоверное отличие от контроля при вероятности p=0,9). Плотность этого горизонта 0.34 г/см. Он образовался в результате давления на почву сельскохозяйственной техники. При этом слой песка препятствует подпахотному горизонту принять исходный объём. Этот уплотнённый горизонт, возникший в условиях покровного пескования через 7-8 лет после ввода в эксплуатацию, обладает низкой водоотдачей (0.07) и незначительными величинами коэффициента фильтрации (0.05-0.06 м/сутки). По классификации Р. Эггельсманна [6] столь низкие значения коэффициента свидетельствуют о том, что подпахотный горизонт в условиях покровного пескования приобретает свойства водоупора. Здесь во влажные периоды года (в том числе и после затяжных летних дождей в период вегетации растений) возможно формиро-

вание кратковременных очагов верховодки, негативно влияющих на продуктивность культур. Улучшить гидрологическое состояние пахотного горизонта в этом случае можно с помощью однонаправленного или перекрёстного кротования.

Влияние разных видов пескования на гидротермический режим осушенных торфяных почв. Внесение различных доз песка привело к существенному изменению температуропроводности пахотного горизонта осушенных торфяных почв. При добавлении песка к торфу наблюдается рост величин коэффициента температуропроводности, причём наиболее резкий при содержании песка в торфе 50 % и более от общей массы смеси. Коэффициент температуропроводности поверхностных слоев оказался выше на 25 % на варианте смешанного пескования и на 352 % - на варианте покровного пескования.

Исследования температурного режима показали, что в течение вегетационного периода 1992 г. метровая толща торфяных почв в вариантах со смешанным и покровным пескованием отличалась большим иссушением профиля. Это привело к их более интенсивному промерзанию и замедленному оттаиванию весной 1993 г. В целом торфяные почвы в условиях покровного пескования обладают особым термическим режимом. Он отличается от режима чёрной культуры не только глубоким промерзанием, но ещё и тем, что здесь в конце весны имеет место наиболее глубокий прогрев горизонтов профиля.

Максимальный прогрев метрового слоя всех почв имеет место в июле. На контроле (чёрная культура) хроноизоплета 15°С в этот период опустилась до глубины 50 см. На варианте смешанного пескования она также была приурочена к глубине 50 см, но охватывала значительно более широкую зону во времени. На фоне покровного пескования прогревание почвы оказалось наиболее глубоким. Температуры, равные 15°С, и выше проникли до 90 см.

Установлены следующие различия водного режима торфяных почв в условиях трёх культур земледелия (чёрной, смешанного и покровного пескования). Во-первых, внесение песка как при смешанном, так и при покровном песковании всегда вызывает общее абсолютное уменьшение влажности практически всех горизонтов почвенного профиля в толще мощностью 1 метр. При этом уменьшение влагозапасов всегда пропорционально объёму песка, использованному для изменения зольности поверхностного горизонта. Во-вторых, пропорциональное массе внесённого песка уменьшение общих запасов влаги по профилю сопровождается более благоприятным содержанием продуктивной влаги в пахотном горизонте на вариантах смешанного и покровного пескования. В конечном итоге более высокое содержание продуктивной влаги в вариантах смешанного и покровного пескования по сравнению с чёрной культурой благоприятно отразилось на влагообеспеченности и урожайности большинства культур.

Преимущества осушенных торфяных почв в условиях пескования. Вся сумма известных данных свидетельствует о том, что торфяные почвы в условиях пескования обладают несомненными преимуществами по сравнению с их чёрной культурой. После пескования ослабевает или исчезает опасность пожаров, пирогенной деградации и ветровой эрозии торфяных почв; увеличивается теплопроводность, уменьшается их теплоёмкость и улучшается температурный режим, по-

вышается сумма активных температур за вегетационный период, увеличивается глубина прогревания почв, сокращаются сроки оттаивания, уменьшается вероятность поздневесенних и раннеосенних заморозков. Существенно возрастает урожайность практически всех возделываемых сельскохозяйственных растений, улучшается качество продукции.

В условиях пескования увеличивается ресурс продуктивной влаги, повышается несущая способность осушенных торфяных почв, уменьшается вынос торфа с полей с урожаем картофеля и овощных в результате налипания на колёса уборочной техники и транспорта.

Таким образом, казалось бы, внесение песка в/или на поверхностный горизонт осушенных торфяных почв существенно повышает их продуктивность. Однако при этом остаётся не раскрытым один весьма существенный вопрос. Оптимизация гидротермического режима, благоприятно влияющая на рост, развитие и продуктивность высших растений, оказывает одновременно стимулирующее воздействие на жизнедеятельность микробиоты, в том числе и на целлюлозолитические аэробные микроорганизмы [7]. Из этого следует, что внесение песка может иметь своим следствием ускорение процесса разрушения органического вещества торфа.

Многие исследователи полагают, что пескование способствует ускоренному разложению органического вещества только пахотного горизонта, но при этом тормозится распад в более глубоких слоях и в целом во всей толще торфяной почвы [8]. Однако полученные нами данные по характеристике гидротермического режима позволяют утверждать, что внесение песка в поверхностные горизонты вызывают увеличение температуры не только всех слоев торфяных почв, но и грунтовых вод. Эти различия по абсолютным величинам в тёплый период составляют до 6-8°С в пахотном, 2-4°С в более глубоких слоях профиля и 1-2°С в грунтовых водах.

Таким образом, происходит интенсивный прогрев всего профиля на фоне благоприятной влажности для жизнедеятельности аэробной микрофлоры. Это позволяет признать, что внесение песка может оказаться причиной увеличения биологической активности не только в пахотном горизонте, но и во всех слоях почвенного профиля. Вероятно, что реальные абсолютные потери углерода в торфяных почвах после пескования существенно больше тех величин, которые приняты в настоящее время многими исследователями. В этой связи особое значение приобретают сведения об изменении биологической активности осушенных торфяных почв под влиянием пескования.

Изменение биологической активности осушенных торфяных почв под влиянием пескования. В полевых условиях исследования биологической активности и темпов биохимического разложения органического вещества торфяных почв выполняли аппликационными методами с использованием льняных полотен и фотопластинок в 3-4 кратной повторности до глубины 80-90 см [9]. Исследовали целлюлозолитическую, протеолитическую активности и накопление свободных аминокислот на ткани. Концентрацию углекислого газа определяли в пробах воздуха, которые отбирали из медных трубок, заложенных в 2-х кратной повторности послойно до глубины 80 см на всех вариантах опыта. Анализ почвенного воздуха проводили

на газовом хроматографе 3700. Эмиссию $C0_2$ с поверхности торфяных почв определяли абсорбционным методом Штатнова. В качестве поглотителя использовали 0.01 н раствор NaOH. После 30 мин. экспозиции остаток щёлочи оттитровывали 0.01 н HCl. Для определения скорости разложения органического вещества торфяных почв был использован метод капсул. С этой целью в разрезы торфяных почв в условиях смешанного, покровного пескования и чёрной культуры на глубины 10-15, 35-40, 65-70 см помещали капроновые капсулы, наполненные торфом. Повторность по каждому слою – 10-кратная. После экспозиции 90 дней капсулы извлекали, повторно взвешивали, определяли новые значения влажности и зольности торфа, и рассчитывали потери органического вещества.

Влияние смешанного и покровного пескования на целлюлозолитическую активность исследовали 4 года. Внесение песка в торфяные почвы достоверно повысило их целлюлозолитическую активность до глубины 90 см практически во все сроки По отношению к контролю (чёрной культуре) при доверительной вероятности 0.9 она составила на смешанном – 150 %, на покровном пескование - 150-200 % и более.

После внесения песка значительно повышается концентрация и запасы CO_2 в подпахотных горизонтах. Наиболее резко эти различия проявлялись во влажные периоды, когда значительно повышались запасы влаги в пахотном горизонте. При этом содержание и запасы CO_2 увеличивались на всех вариантах опыта. Так, в 1995 г. концентрация углекислоты на глубине 20-30 см на вариантах с внесением песка в 2-4 раза превышала контроль, на чёрной культуре - 3-3.5 %, на смешанном и покровном песковании -соответственно 10-12 % и 6-9 %. На глубине 80 см концентрация углекислоты составила соответственно 5-7, 12-14 и 14-18 %.

При внесении песка в торфяную почву усиливается интенсивность дыхания и возрастает поступление углерода в атмосферу. В среднем за 5 лет исследований потери углерода за счёт эмиссии на покровном песковании превысили контроль на 23 %, на смешанном - на 18 %. Максимальные величины потоков углекислого газа с поверхности наблюдались в июне-июле, когда гидротермические условия оказывались наиболее благоприятные для микробиологической деятельности. Установлена тенденция уменьшения эмиссии диоксида углерода в периоды длительного иссушения почвы (август 1992 и 1993 годов, июль - август 1996 г.).

В отличие от распространённого представления о концентрации, в пахотном горизонте установлена интенсификация биологической активности всех исследованных параметров после пескования во всех горизонтах почвенного профиля - от поверхности до грунтовых вод. Изложенное позволяет предполагать, что интенсификация биологической активности торфяных почв в условиях пескования должна иметь своим следствием не торможение, а напротив - существенное ускорение распада органического вещества торфяных почв по всему профилю.

Методом капсул удалось показать, что в максимальной степени минерализация органического вещества торфа выражена в поверхностных слоях торфяных почв. При этом её значения на контроле – 4.1 %, затем на смешанном песковании - 5.2 %, а максимальные значения на покровном песковании – 9.6 %. Полученные

данные подтверждают и прямые расчёты скорости минерализации, выполненные на основе анализа изменения запасов органического вещества по результатам зондирования торфяной залежи.

Наряду с постепенной гидротермической деградацией осушенных торфяных почв, особую опасность представляет стремительно развивающаяся их пирогенная деградация, причины и, особенно, последствия которой остаются слабо изученными до настоящего времени.

Пирогенная деградация осушенных торфяных почв

Пожары на осушенных торфяных почвах наиболее часто возникают тогда, когда происходит отрыв капиллярной каймы зеркала грунтовых вод от торфяной залежи. В результате происходит частичное или полное выгорание органогенных почв. В первом случае образуются пирогенно изменённые торфяные почвы, во втором - пирогенные песчаные образования. Пирогенно изменённые торфяные почвы после перепашки пахотного горизонта без специальных рекультивационных работ могут быть вовлечены в сельскохозяйственное использование. Пирогенные образования в первые 1-2 года постпирогенного периода не обладают необходимым уровнем плодородия и отличаются щелочной или сильнощелочной реакцией. Это объясняется высоким содержанием в золе углекислого калия (поташа). После паводка и промывки атмосферными осадками pH золы снижается до 8.2 – 8.4. Одновременно происходит интенсивный вынос Ca, Mg, K, Mn и других элементов. Только за один год их валовое содержание в массе золы уменьшается соответственно на 32, 45, 30 и 38 %. Вынос фосфора составил 10 %. Спустя 4 года содержание доступного фосфора сократилось в три раза, а калия уменьшилось более чем на два порядка и оказалось на уровне очень низкой обеспеченности. Со временем пирогенные образования подвержены определённым эволюционным изменениям и через 6-7 лет трансформируются в дерновые почвы с невысоким плодородием. Установлены следующие 4 стадии эволюции пирогенных образований в почвы: 1 стадия - выщелачивание (1-2 года); 2 стадия - формирование неустойчивых биоценозов (2 года); 3 стадия - появление устойчивых биоценозов (2-3 года); 4 стадия - формирование дерновых почв с хорошо выраженным гумусовым горизонтом и дерниной на пирогенных образованиях.

Условия защиты торфяных почв от гидротермической и пирогенной деградации. Основную роль в защите торфяных почв от гидротермической и пирогенной деградации, как свидетельствует отечественный и мировой опыт, призваны выполнять следующие профилактические мероприятия:

1) преимущественное использование торфяных почв в качестве продуктивных зелёных угодий или в травопольных севооборотах с большим числом полей трав;

2) двустороннее регулирование уровней грунтовых вод и стабильное поддержание лугового типа водного режима в профиле осушаемых торфяных почв;

3) систематическое внесение минеральных и органических удобрений, запашка соломы и пожнивных остатков с целью накопления значительных масс свежего перегноя и фиксации углерода;

4) применение смешанного или покровного пескования.

Пирогенные образования, в которых произошло полное выгорание органогенных горизонтов, подлежат рекультивации [10].

Рекультивация пирогенных образований. Мероприятия по рекультивации пирогенных образований, возникших в результате сгорания осушенных торфяных почв, определяются характером пожаров. Они могут быть сплошными (тотальными) или локальными, возникать на массивах, подстилаемых песком или суглинисто-глинистыми породами, находится в условиях заболачивания грунтовыми или поверхностными водами.

В отличие от пирогенно изменённых торфяных почв, пирогенные образования в условиях экстенсивного земледелия можно использовать только в качестве лугов невысокой продуктивности для производства грубых кормов. Однако такое использование мало перспективно из-за частой вторичной заболоченности пирогенных образований и их низкого плодородия. В последнем случае необходимы сложные и дорогие работы по их рекультивации, которые состоят из землевания, дренажа, внесения значительных масс органических и минеральных удобрений, формирования плодородного почвенного покрова. После рекультивации такие антропогенные почвы могут быть использованы для возделывания районированных культур.

Вместе с тем, при отсутствии необходимых инвестиций на рекультивацию пирогенных образований в сельскохозяйственных целях они могут быть использованы в других областях народного хозяйства. В частности, здесь возможна организация охотничьих угодий, зон туристического рыболовства, рыбохозяйственных прудов, ферм для выращивания водоплавающей птицы, плантаций корзиночной ивы для производства мебели и других изделий.

Литература

1. Берш В. Руководство по культуре болот. СПб., 1912. 254 с. **2.** Такке Б. Научные основы культуры болот. М., 1930. 96 с. **3.** Оношко Б.Д. Культура болот. М., 1934. 573 с. **4.** Зайдельман Ф.Р., Шваров А.П. Пирогенная и гидротермическая деградация торфяных почв, их агроэкология, песчаные культуры земледелия, рекультивация. М., 2002. 166 с. **5.** Zaidelman F.R., Shvarov A.P. Hydrotermic regime, dynamics of organic matter and nitrogen in drained soils at differend sanding modes // Archives of Agronomy and Soil Science. 2000. V. 45. P. 123-142. **6.** Eggelsmann R. Drenanleitung fur Landbau, Ingenieurbau, Landschaftsbau. 2 Aufl. Verlag Paul Porey. Hamburg und Berlin. 1981. 265 S. **7.** Зименко Т.Г., Гаврилкина Н.В., Мисник А.Г. Изменение микробиоценозов торфяных почв под влиянием антропогенного воздействия // Тр. IY и Y комиссий МТО. Минск, 1982. С. 124-128. **8.** Белковский В.И., Зоткин В.П. Плодородие и рациональное использование торфяных почв. М.,1986. 126 с. **9.** Гельцер Ю.Г. Биологическая активность почв. М., 1986. С. 3-16. **10.** Зайдельман Ф.Р. Деградация торфяных почв при пожарах и рекультивация пирогенных образований // Мелиорация и водное хозяйство.2003. N 3. С. 32-35.

Experience and modern problems of reclamation and remediation of peat soils

F.R. Zaidelman

Here is to present the results of complex researches, carried out for a long period with the aim at studying the processes of pyrogenic and hydrotermic degradation of peat soils. Under consideration are also the investigation results hydrothermic regime, productivity, biological activity and biochemical decomposition rate of the organic matter becomes intensified in all the horizons throughout the profile of drained peat soils. A set of preventive measures is offered to protect the peat soils against hazardous degradation and to rehabilitate pyrogenic formation.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДАННЫХ ИЗУЧЕНИЯ ЭКОЛОГО-МОРФОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ РАСТЕНИЙ ДЛЯ ЦЕЛЕЙ ДЕШИФРИРОВАНИЯ КОСМИЧЕСКИХ СНИМКОВ СРЕДНЕГО И ВЫСОКОГО РАЗРЕШЕНИЙ

В.А. Базанов, А.А. Скугарев

НИИ биологии и биофизики при Томском государственном университете, г. Томск

При формировании спектрального облика болотной поверхности важное место принадлежит морфологическим характеристикам растений и их сообществ. На болотах таежной зоны Западной Сибири представлено несколько десятков морфологических форм растений. Приведена морфологическая классификация из 16 наиболее распространенных в регионе форм растений.

Интенсивное хозяйственное освоение природных ресурсов (и в первую очередь при освоении месторождений углеводородного сырья) на территории таежной зоны Западной Сибири породило множество региональных проблем в сфере охраны окружающей среды и природопользования. Для решения большинства из этих проблем требуется проведение специальных исследований, ориентированных на выявление особенностей природных условий региона, а также изменений их в результате хозяйственной деятельности при освоении месторождений. Природные условия территории характеризуются суровым климатом, высокой заболоченностью и обводненностью, а в результате и низкой хозяйственной освоенностью. Относительно невысока и изученность природных условий этой территории, что и подтверждается, например, отсутствием качественных тематических картографических материалов средних и крупных масштабов и др. Одним из реальных способов повышения эффективности исследовательской работы здесь, на наш взгляд, является широкое привлечение материалов дистанционного зондирования земной поверхности из космоса (ДЗЗ) разных разрешений [1].

Для решения различных задач природоохранного назначения и природопользования, как показывает собственный опыт и данные других исследований, наиболее востребованными оказались архивные данные ДЗЗ среднего разрешения Landsat 7. В настоящее время снимки из архивов США, России и др. распространяются через сеть дистрибьюторов. Для обработки данных ДЗЗ сегодня имеется несколько вариантов программных средств (ERDAS Imagine, ENVI, ER Mapper и др.), позволяющих проводить классификацию спутниковых изображений и дешифрирование, в том числе и автоматизированное, с их помощью типологически различных ландшафтов. В зависимости от качества ДЗЗ, их разрешения, используемых программных средств и др. технологии дешифрирования могут несколько различаться. Так, например, высокие результаты при дешифрировании снимков могут быть получены с помощью синтезированных изображений. Синтезирование изображений позволяет многократно повысить информативность снимков, поскольку черно-белые изображения оцениваемых объектов в отдельных каналах заменяются на многоцветные изображения.

Среди множества природных объектов, с точки зрения объективности их идентификации на снимках, болота относятся к категории трудных. Это обусловлено, главным образом, высокой морфологической неоднородностью строения их поверхности и, как следствие, широким разнообразием спектральных характеристик их в качестве подстилающей поверхности на космических снимках. Поэтому возможности снимков могут быть раскрыты максимально полно, только при одновременном использовании данных, как отдельных каналов, так и синтезированных изображений. При этом корректность процедуры дешифрирования можно существенно повысить за счет данных о строении растительного покрова, рельефе болотной поверхности, морфологических свойствах болотных растений и др., поскольку они в значительной степени определяют спектральные образы различных классов болот на снимках. И поэтому без этих данных корректная идентификация этих классов на основе спектральных характеристик на снимках весьма затруднительна.

В настоящем сообщении рассматриваются вопросы использования данных эколого-биоморфологических свойств растений при дешифрировании болот на территории Томской области на космических снимках. Болото нами рассматривается как особый тип пространственно протяженных природных объектов земной поверхности, представляющих собой отложения торфа, насыщенные водой и покрытые специфической растительностью. На начальном этапе возникновение болот происходило в отрицательных формах рельефа. На современном этапе процесс болотообразования проявляется не только в отрицательных формах рельефа, но и на плоских поверхностях, в том числе на территории водораздельных пространств. Примером активности этого процесса является Большое Васюганское болото, которое в настоящее время занимает практически полностью плоские водораздельные пространства междуречья рр. Иртыша и Оби, и склоны многочисленных их притоков, оставляя дренированными только узкие приречные полосы. В настоящее время такие системы представляют собой сложные природные образования, которым присуща высокая неоднородность строения поверхности и отложений торфа. Причины неоднородности кроются в целом ряде природных факторов (гидрологическом режиме, экологических и биоморфологических свойствах доминирующих растений и характере их ассоциирования в сообщества и др.).

На материалах ДЗЗ неоднородность проявляется в виде мозаичных изображений, зачастую, с нечеткими границами. В целях повышения корректности процедуры дешифрирования болот, мы в работе по дешифрированию учитывали не только видовой состав болотной растительности, но и экологические и биоморфологические свойства растений и характер их ассоциирования при формировании болотной поверхности.

Экологические свойства болотных растений. В болотоведении принято по типу минерального питания и обеспеченности элементами питания эдафической

среды растения болот относить к разным экологическим группам (олиготрофам, мезотрофам, евтрофам). Растения первой группы характеризуются низкой требовательностью к элементам и соединениям минерального питания и могут существовать исключительно за счет атмосферных осадков. Растения третьей группы более требовательны к условиям минерального питания и приурочены к местообитаниям, питающимся главным образом, подземными и поверхностно-сточными водами. Группа мезотрофных растений, по показателю обеспеченности местообитания минеральными веществами занимают среднее положение между олиготрофными и евтрофными видами.

Болотные растения различаются между собой также и реакцией на условия увлажнения. По этому фактору (а именно он на болотах является определяющим с точки зрения жизнеобеспечения) растения предлагается объединить в группы пойкилогидричных и гомойгидричных [2]. Пойкилогидричными являются бессосудистые растения – водоросли, мхи, лишайники, которых отличает непостоянство гидратуры и прямая зависимость от условий увлажнения среды обитания. При низкой концентрации влаги пойкилогидричные растения способны переходить в состояние анабиоза, не теряя при этом жизнеспособности. У сфагновых мхов – облигатных болотных растений гидратура поддерживается с одной стороны на уровне отдельных особей, преимущественно, за счет анатомоморфологических приспособлений (наличия гиалиновых клеток и др.) и с другой за счет образования различных по плотности, мощности колоний особей в виде ковров и дернин и др.

Вторая группа - гомойгидричных растений - объединяет виды сосудистых растений, у которых гидратура поддерживается механизмами, преимущественно, физиологического характера. В болотных условиях гидратура гомойгидричных растений может определяться анатомоморфологическими приспособлениями и в том числе такими, как ксероморфность листьев и образование придаточных корней на погребаемых в торфе побегах некоторых болотных кустарничков из семейства вересковых, жестколистность и свернутость листьев у пушиц и осок и др. К числу таких приспособлений следует отнести образование дерновин и кочек разной плотности, у так называемых плотнодерновинных и кочкообразующих видов (осоки, пушицы, злаки, папоротники и пр.)

Биоморфологические свойства болотных растений. Важным аспектом растений по адаптации к болотным условиям являются и их биоморфологические свойства. Первое из них заключается в способности их к распространению (или размножению) с помощью вегетативных органов и второе - в изменении габитусных характеристик. В современном естествознании биоморфологические свойства растений принято рассматривать с помощью таких понятий, как “жизненная форма” или “биоморфа”. Жизненные формы принято рассматривать с эколого-морфологической, эколого-ценотической и эволюционной точек зрения. Для целей исследований пространственной структуры болотной поверхности на основе

данных дешифрирования материалов ДЗЗ разного разрешения, мы придерживались эколого-морфологического понимания жизненной формы растений. И поэтому основное внимание мы сосредоточили на изучении биоморфологических характеристик растений (форму и размеры крон деревьев, плотность сфагновых дернин и др., которые значительно точнее и полнее показывают насыщенность наземного пространства болот материалом растений). Подобные сведения расширяют представления не только об эколого-биоморфологических свойствах (полиморфизме) болотных растений, но и о спектральных свойствах болотной поверхности.

При описании биоморфологических свойств разных жизненных форм растений принято учитывать разные признаки. У деревьев, например, обычно учитывают морфометрические характеристики и габитус надземных и подземных частей [3, 4], у кустарничков и кустарников (высоту куста, интенсивность ветвления и основные направления роста скелетных осей. Для осок Ю.Е. Алексеев [5] указывает в качестве основных признаков внешнее строение побегов, направление их роста и расположение почек возобновления по отношению к уровню почвы. Эти признаки важны и при характеристике других травянистых растений. У мхов нужно учитывать размеры и форму колониальных совокупностей особей в виде кочек, шариков, дернин.

Биоморфологическая классификация болотных растений. Морфологически обособленные формы у растений разных систематических групп (как, например, болотные формы у сосны, дерновины различной связности в сочетании с формой вегетативной подвижности у травянистых растений, формы нарастания и формы колониальных структур у мхов и др.) мы рассматриваем самостоятельными эколого-морфологическими единицами жизненных форм. Эти единицы предлагается называть формами роста, которые представляют собой различные классы в виде отдельных особей (например, у деревьев), дернин из мохообразных растений, дерновин травянистых видов и др., имеющих близкие внешние формы и размеры. Систематическая принадлежность растений в данном случае не учитывалась.

В качестве примера предлагается классификация 16 форм роста растений, в том числе 4 формы у деревьев, 4 - у кустарничков, 5 - у трав и 3 - у мхов. Форма роста устанавливалась для каждой жизненной формы в отдельности на основании следующих признаков: направления роста скелетных осей в подземной и надземной сферах и способа вегетативной подвижности у кустарничков и полукустарничков, габитуса и высоты взрослых особей у деревьев, степени сомкнутости подземных органов и типа вегетативной подвижности у травянистых растений, плотности стояния стебельков (связности дернины) и мощности структурной, не разрушенной части дернины, так называемого, очеса, у мхов.

Для семи форм роста, из шестнадцати выделенных нами в районе исследования, удалось найти подтверждение в литературных источниках [6-8], остальные девять вводятся в научный обиход на основания наших исследований (табл.).

Биоморфологическая классификация болотных растений

Жизненная форма	Форма роста	Название вида растения
1	2	3
Деревья	Iа. Топяная [6] (стволы деревьев высотой 8-12 см и диаметром 15-25 см; овальная крона занимает ¼ часть ствола; корневая система поверхностная, корневая шейка расположена на глубине 15-20 см)	Pinus sylvestris F. Uliginosa Ab. Suc.
	Iб. Рямовая (Литвинова) [7] (стволы высотой 2-4 (6) м и диаметром 2-8 см; шаровидная крона занимает около 1/3 ствола; корневая система поверхностная, корневая шейка расположена на глубине 35-45 см)	Pinus sylvestris F.Litvinovii Suc.
	Iв. Болотная (высота ствола 2-5 м, диаметр 4-12 см; крона кедра цилиндрическая, нижняя часть ствола очищена от ветвей; крона берез в виде усеченного конуса, нижняя часть ствола очищена от ветвей; корневая система поверхностная; корневая шейка расположена на глубине 15-25 см)	Betula pubescens Pinus sibirica Picea obovata
	Iг. Лесная (высота ствола 18-24 м, диаметр его на высоте груди 25-35 см)	Betula pubescens, Pinus sylvestris, Pinus sibirica, Picea obovata
Кустарники и кустарнички	2а. Ветвеукореняющиеся вегетативно подвижные кустарники и кустарнички (скелетные оси в подземной и надземной средах ориентированы горизонтально)	Chamaedaphne calyculata, Ledum palustre, Betula nana
	2б. Ветвеукореняющиеся вегетативно неподвижные кустарники и кустарнички (скелетные оси в подземной и надземной средах ориентированы вертикально или слабонаклонно)	Chamaedaphne calyculata, Ledum palustre, Salix lapponum, S. myrtilloides
	2в. Настоящие ползучие кустарнички [8] (вегетативная подвижность осуществляется плагиотропными столонами)	Andromeda polyfolia
	2г. Вегетативно -подвижные кустарнички шпалерного типа [8]	Oxiceccus palustris, O.microrpus
Травы	3а. Кочки цилиндрические (высота кочек до 0.5 м, диаметр их до 0.35 м)	Carex caespitosa
	3б. Кочки полусферические (высота кочек до 0.1 м, диаметр до 0.2 м)	Eriophorum vaginatum
	3в. Плотносвязанные дерновины [8] (подземные побеги, узлы кущения питающие корешки сжаты в плотную дерновину; форма характеризуется слабой вегетативной подвижностью)	Menianthes trifoliate, Carex globularis, C.lasiocarpa, C.rostrata
	3г. Рыхлосвязанные дерновины [8] (плагиотропные подземные побеги, узлы кущения и питающие корешки рыхло распределены в почве; растения этой формы вегетативно подвижны)	Menianthes trifoliate, Eriophorum vaginatum, Rhynchospora alba, Thelypteris palustris, Scheuchzeria palustris, Calamagrostis langsdorffii, Carex limosa, C. lasiocarpa, C. rostrata

Биоморфологическая классификация болотных растений (продолжение таблицы)

Жизненная форма	Форма роста	Название вида растения
1	2	3
	3д. Длиннокорневищные растения [8] (ортотропные побеги удалены друг от друга и связаны длинными плагиотропными корневищами или столонами; вегетативно подвижны)	Comarum palustre, Menianthes trifoliate, Scheuchzeria palustris, Carex limosa, C. lasiocarpa, Carex globularis, Eriophorum russeclum
Мхи	4а. Плотносвязанные дернины (мощность дернин до 20-25 см; стебельки в дернине стоят вертикально и плотно сопрягаются друг с другом)	Sphagnum fuscum, S.magellanicum, Tomenthypnum nitens
	4б. Плотн освязанные дернины (мощность дернин до 10 см, побеги в дернине ориентированы вертикально или наклонно и рыхло сопрягаются друг с другом)	Sphagnum fuscum, S.angustifolium, S.wulfianum, S.majus, S.fallax, S.balticum, S.magellanicum, S.papillosum, S. Warnstorfii, S.girgensohnii, S.centrale, Drepanocladus vernicosus, Aulacomnium palustre, Tomenthypnum nitens, Pleurosium schreberi
	4в. Несвязанные дернины (Мощность дернин около 5 см, побеги мха взвешены в воде и не связаны между собой)	S.majus, S.balticum,

Строение болотной поверхности. Поверхность болот характеризуются двучленным профилем, состоящим из верхнего - деятельного и нижнего - инертного горизонтов [9, 10]. Нижний горизонт по отношению к верхнему является специфичной органогенной литологической основой, для которой характерно полное насыщение водой, острый дефицит кислорода, ничтожная водопроводящая способность, низкая температура. Корни растений в этом горизонте отмирают. Основная масса корней сосудистых растений и физиологически активная часть побегов мхов сосредоточена в верхнем горизонте, мощность которого различна в положительных и отрицательных элементах микрорельефа.

По нашим наблюдениям конструкционная роль разных биоморф в болотных условиях выглядит следующим образом: выделяется группа растений, выполняющих, согласно особенностям своей формы роста, опорную механическую функцию, создавая своеобразную арматуру растительного сообщества. Такими опорными структурами могут быть осоковые и пушицевые кочки, корневые системы деревьев, корневища и ортотропные побеги трав, грубые ветви кустарничков. Плагиотропные побеги, погруженные в моховую дернину и торф, тонкие косо направленные ветви кустарничков, корневища трав, переплетаясь между собой, выполняют скрепляющую функцию, упрочняя в целом арматурную конструкцию подземной составляющей сообщества. Наконец, механически слабые и непрочные побеги сфагновых и гипновых мхов заполняют пространство между арматурными элементами и опираются на них. Сопряженный годовой прирост побегов цветковых растений и мхов обеспечивает последним вертикальную ориентацию в дернине.

Рассмотрим особенности строения болотной поверхности на примере сфагново-кустарничково-соснового болота (рис.). Мощная (до 25 см) моховая дернина с вертикально стоящими и плотно прилегающими друг к другу побегами сфагна бурого пронизана по всей толще ветвями с густым войлоком придаточных корешков кустарничков и корнями сосны. Сфагны в этой конструкции выполняют роль наполнителя, а сеть корней и корешков - роль арматурных элементов, придавая всей конструкции высокую упругость, способную выдерживать в ряде случаев высокие механические нагрузки (давление снежного покрова и ветра на кроны деревьев). Молодые гибкие ветви кустарничков служат вертикальными опорами, способствуя увеличению прочности и лучшей связности горизонта и обеспечивая побегам сфагнов возможность вертикального роста. Роль прочных арматурных элементов выполняют горизонтальные корни сосны, расположенные на разных глубинах.

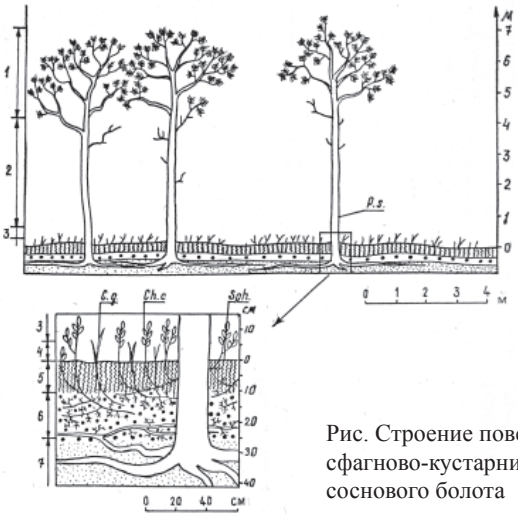


Рис. Строение поверхности сфагново-кустарничково-соснового болота

Дешифрирование космических снимков среднего и высокого разрешений. Дешифрирование изображений - основная задача при использовании снимков для географических исследований. Дешифрирование включает распознавание объектов с отнесением к определенному типу и измерение (определение размеров, расстояния между объектами, количество объектов и т.д.) Для лучшей идентификации объектов съемки при дешифрировании получают синтезированные изображения. Синтезирование – метод перехода от трехмерного представления объекта в отдельных каналах к одномерному, с получением цветного изображения. Результаты синтеза оценивают визуально, целенаправленно подбирая зональные снимки в качестве цветовых компонент RGB – синтеза. В связи со сложным строением болот, высокой морфологической неоднородностью их поверхности и, как следствие, большим различием в спектральных характеристиках объектов подстилающей поверхности на космических снимках, порой возникают проблемы идентификации объектов при де-

шифрировании ДЗЗ также и на синтезированных изображениях. Поэтому, в целях повышения корректности процедуры идентификации требуется проведение дополнительных исследований по изучению морфологических свойств болот, строения растительного покрова, рельефа болотной поверхности и других их характеристик с использованием данных, полученных в ходе предварительно проведенных полевых работ и из других источников (архивные материалы аэрофотосъемки, текстовые и табличные описания, составленные тематические карты и схемы).

В процессе проведения дешифровочных работ с применением контролируемых алгоритмов классификации создаются обучающие выборки для образов различных типов болот на конкретных обрабатываемых сценах. Однако, при попытках применения разработанных обучающих выборок для проведения классификаций материалов съемки, полученных другой съемочной аппаратурой или на другую дату, исследователи неизбежно сталкиваются с невозможностью получения корректных результатов классификации. Такая проблема связана с различием спектральных характеристик дешифрируемых объектов на разновременных снимках и снимках, полученных различными типами аппаратуры, вследствие изменения этих спектральных характеристик с течением времени (различные фазы вегетационного периода растительности, изменение проективного покрытия отдельных видов растительности, пораженность болезнями, пожарами и т.д.), в зависимости от угла съемки, условий освещенности, присутствия дымки и т.д. Проблема особенно остро выражается при проведении исследований, охватывающих большие территории, на которые сложно, а иногда и невозможно подобрать материалы с небольшими интервалами между датами съемки. Поэтому для создания библиотек обучающих выборок необходимо проведение обширных исследований с изучением и систематизацией данных о спектральных характеристиках растений на различные фенофазы, а также проведения радиометрической калибровки материалов разновременной съемки. Такие исследования достаточно сложны и лежат в плоскости сразу нескольких дисциплин, а также требуют определенное количество соответствующих специалистов и дополнительные данные. Поэтому на данном этапе для целей повышения эффективности использования снимков с помощью программных средств требуется проведение специальной работы по созданию методик определения и описания дешифровочных признаков (прямых и косвенных) для использования при автоматической классификации болот разных типов. Для разработки таких методик потребуются специалисты разного профиля (ботаники, ландшафтоведы специалисты по обработке ДДЗ).

Таким образом, исходя из вышеизложенного, при изучении различных аспектов природоохранной деятельности на болотах в Западной Сибири необходимо учитывать:

- один из основных источников пространственной информации - данные дистанционного зондирования Земли;

- для целей повышения эффективности дешифрирования данных ДЗЗ в автоматическом режиме требуется составление региональной методики определения дешифровочных признаков для болот;

- при формировании спектрального облика болотной поверхности, помимо непосредственно спектральных характеристик, важное место принадлежит морфологическим характеристикам растений и их сообществ. На болотах рассматриваемого региона представлено несколько десятков морфологических форм растений. В настоящем сообщении приведена морфологическая классификация из 16 наиболее распространенных в регионе форм растений.

Литература

1. Базанов В.А., Скугарев А.А., Макушин Ю.В. Экологический мониторинг объектов нефтедобычи Западной Сибири на основе данных ДЗЗ // Нефть и Капитал. М., 2005. № 1(20). С. 96-100. **2.** Вальтер Г. Общая геоботаника. М., 1982. 261 с. **3.** Сукачев В.Н. Болота, их образование, развитие и свойства // Избранные труды. Л., 1973. Т. 2. С. 97-161. **4.** Ефремов С.П. Экологическая обусловленность морфогенеза сосны обыкновенной на болотах // Проблемы лесной биогеоценологии. Новосибирск, 1980. С. 140-155. **5.** Алексеев Ю.Е. Проблемы соматической эволюции осок // Проблемы экологической морфологии растений. М., 1976. С. 194-207. **6.** Аболин Р.И. Опыт эпигенологической классификации болот // Болотоведение. 1915. № 3. С. 3-55. **7.** Сукачев В.Н. Болота, их образование, развитие и свойства // Л., 1926. 162 с. **8.** Серебряков И.Г. Экологическая морфология растений. М., 1962. 379 с. **9.** Лопатин В.Д. О гидрологическом значении верховых болот // Вестник ЛГУ. 1949. № 2. С. 37-49. **10.** Иванов К.Е. Водообмен в болотных ландшафтах. Л., 1975. 290 с.

Use of datas of study of ecological and morphological properties of plants for the purposes of a decoding of space snapshots of the average and high sanctions

V.A. Bazanov, A.A. Skugarev

For want of shaping of spectral appearance of a bog surface the important place belongs to morphological performances of plants and plant associations. On bogs of a taiga zone of Western Siberia some tens morphological forms of plants are represented. The morphological classification from 16 forms, distributed in region, of plants is indicated.

СТРУКТУРНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ЛЕСОБОЛОТНЫХ КОМПЛЕКСОВ И ПРОБЛЕМА ИХ ТИПИЗАЦИИ

С.П. Ефремов, Т.Т. Ефремова

Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, г. Красноярск,
Institute@forest.akadem.ru

Обсуждаются теоретические аспекты болотообразовательного и торфонакопительного процессов, методологические подходы к исследованию структурной организации лесоболотных экосистем для целей их типизации. Рассматриваются принципы расчленения пространственной структуры болот и три основных направления в трактовке понятия «структура ценоза». Характеризуются таксономические единицы типологической и биогеоценологической классификации лесоболотных экосистем.

В настоящее время все теоретические концепции относительно болото- и торфообразовательного процессов фокусируются на признании неоспоримого посту-

лата, что болота, будучи интразональными природно-ландшафтными образованиями, в сильнейшей степени испытывают контролирующее воздействие климата, следствием чего в их развитии проявляется зональный принцип географического распространения и системной структурно-типологической организации. Болота различны по происхождению, возрасту, условиям экотопа, которые никогда не пребывают в изначально-статичном состоянии во времени и пространстве, но постоянно изменяются сообразно скорости и качественных показателей торфонакопления.

Еще в начале 18 века, когда только нарабатывались методологические и информационные предпосылки для обособления болотоведения как «синтетического» направления, постепенно объединявшего в себя базовые основы многих классических наук – ботаники, почвоведения, гидрологии, лесоведения и др. – уже тогда стало очевидно, что к познанию природы болот и их роли в глобальном перераспределении органического вещества и депонированной энергии Солнца нельзя подходить с узкопрофилированными требованиями какой-либо одной научной дисциплины. Впервые на это обратил внимание М.В. Ломоносов в своем капитальном труде «Первые основания металлургии или рудных дел», изданном в 1763 г. Во втором прибавлении к нему, названном «О слоях земных», он с особым пристрастием обсудил происхождение торфа как органогенной геологической породы, впервые в мировой практике применив микроскоп для анализа ее вещественной структуры.

Приводим малую часть дословной характеристики торфа, составленной М.В. Ломоносовым [1, с. 243]: «Примечания достоин турф… Многие не знающие почитают его за жирную землю; однако он подлинно есть некоторая порода подземного мху, которых великое множество и самым прилежным ботаникам не ведомо. По ныне известных описаны до пятисот; но как сии растения родятся больше в местах болотных и в лекарствах едва ли употребляются, то весьма бывает мало охотников для их описания. Следовательно, хотя мох, из коего турф делают, у искателей Натуральной истории и не показан, к какой он принадлежит породе, однако само искусство о том сомневаться не позволяет».

Даже этот небольшой фрагмент из первой в отечественной литературе пространной, но явно профессиональной для того далекого времени характеристики торфа дает нам основание сделать несколько важных заключений. Во-первых, мы вправе считать М.В. Ломоносова пионером ботанического анализа торфов не только глазомерным, но и инструментальным методом – с помощью микроскопа. Во-вторых, великий русский ученый предвосхитил необходимость разработки многоуровневой классификации болот и видов торфа, если иметь в виду установленное им «великое множество подземного мху», которых «описано до пятисот». Кстати, в развернутой характеристике торфов, содержащейся во втором прибавлении к основаниям металлургии, М.В. Ломоносов упоминает остатки и других неведомых ему растений, обнаруженных под микроскопом. Наконец, в-третьих, надо принять во внимание его целевую установку на выяснение обстоятельств и условий «как сии растения родятся больше в местах болотных». Выражаясь современным языком, можно предположить, что М.В. Ломоносов реально осознавал не только богатое разнообразие видового состава растительности покрова болот и его дифференциацию на ассоциативные объединения, но и разнокачественный, мозаичный характер «кормящего» субстрата.

Первым, кто пришел к убеждению о необходимости такого подхода, был Владимир Николаевич Сукачев. Одним из ярких разделов его научного наследия как раз и являются работы, посвященные изучению функционально-хорологических закономерностей структурной организации, голоценовой динамики, ресурсной и биосферной роли болот.

Сукачев В.Н. по многим позициям предвосхитил системную оценку биосферной роли болот, их экологической, биоресурсной и практической значимости. Имея в виду сложный комплекс динамических процессов на болотах и роль человека в них, Владимир Николаевич писал, что «…воздействуя непосредственно на почвенные и гидрологические условия, например, удобряя почву, осушая заболоченные территории, человек может вызывать смену биогеоценозов в целом» [2, с. 32]. Он одним из первых болотоведов на примере сосны обыкновенной начал заниматься вопросами экологической пластичности (реактивной способности) видов древесных растений в условиях почвенного гидроморфизма, кислородной гипоксии и дефицита азотно-минерального питания.

В дальнейшем потребовался иной уровень болотоведческих исследований, связанный прежде всего с пониманием специфики структурной организации болотных комплексов на основе установления причинно-следственных связей, возникающих и развивающихся между компонентами сложной системы «атмосфера-гидросфера-педосфера-фитосфера» в процессе болотообразования и торфонакопления.

В самом общем виде под структурой понимается внутреннее устроение системы в различных масштабах разграничения на элементы, включая отношения между этими элементами. Под структурой биологических систем, например, фитоценозов, обычно подразумевают их пространственно-временную организацию, выражающуюся в установлении закономерных связей между морфологическими (внешне проявляющимися) и функциональными (внешне не проявляющимися) формами движения вещества и энергии.

В болотоведении накоплен значительный классификационный потенциал, позволяющий в той или иной мере реализовать системный подход к анализу структуры и типологического спектра болотных экосистем. Как считает Н.И. Пьявченко [3], в отечественном болотоведении приоритет в попытке разработать классификацию болотных биогеоценозов принадлежит Р.И. Аболину – одному из ярких соратников В.Н. Сукачева.

Работам Р.И. Аболина по типизации условий возникновения, развития, морфологической диагностики и дифференциации болот большое значение придавала Е.А. Галкина [4-6], предложившая так называемую ландшафтную классификацию избыточно-увлажненных территорий, ставшую классической в болотоведении. Элементарной ландшафтной частью болота является микроландшафт – однородный участок болота и торфяной залежи, равнозначный по объему эпиморфе Р.И. Аболина и биогеоценозу В.Н. Сукачева, а эпиформации Р.И. Аболина – фации В.Д. Лопатина [7, 8]. Болотные микроландшафты Е.А. Галкиной, которые в дальнейшем получили у нее статус фаций, могут иметь простое, мозаичное, пятнистое и комплексное строение; каждому варианту соответствует своя структурная организация по комплексу признаков.

Вторая, более крупная единица в классификации Е.А. Галкиной, - мезоландшафт (или позднее – урочище), в рамках которого выделяются 4 группы мезоландшафтов соответственно фазам их развития – евтрофный, мезотрофный, олиготрофный и миксотрофный. В свою очередь, фазы складываются из стадий, индицирующих более узкие колебания признаков мезоландшафтов. Тип болотного мезоландшафта она рассматривает как одну из длительных стадий его развития.

Третья, наиболее крупная единица классификации – болотный макроландшафт (или система урочищ), представляющий слившуюся в общую систему мезоландшафтов (урочищ), в которой последние испытывают взаимное влияние, прежде всего в контактных полосах. Предложенная Е.А. Галкиной ландшафтная классификация болот, будучи классической и по форме, и по содержанию, все же имеет свои недостатки, на которые обратила внимание И.Д. Богдановская-Гиенэф [9, 10] и подробно их разобрала.

Кратко остановимся на анализе классификации лесных болот (заболоченных и болотных лесов Н.И. Пьявченко [3, 11]. Уже из ее названия, в отличие от других, следует, что данная классификация рассматривает типы лесных болот как исторически сложившиеся природные единства растительности и среды ее обитания, то есть типы биогеоценозов. В классификации четыре ступени. Высшая – экологический ряд, или тип водно-минерального питания, которых всего три: а) грунтовый (проточный), равнозначный евтрофному; б) атмосферно-грунтовый (слабопроточный), соответствующий мезотрофному; в) атмосферный (застойный), отвечающий олиготрофному.

Вторая ступень – тип условий местопроизрастания, описываемый по строению и химизму почвы, частным особенностям водного питания: 1) болотно-травяной с торфянисто-перегнойными и торфяными почвами низинного типа; 2) травяно-сфагновый и сфагновый с торфянисто-подзолисто-глеевыми и торфяными почвами переходного типа; 3) сфагновый с торфянистыми и торфяными почвами верхового типа. Каждому из этих типов соответствует определенный диапазон изменчивости степени разложения торфа, его зольности, pH водной и солевой вытяжки, степени насыщенности основаниями и биологической активности в торфогенном слое. В пределах типа условий местопроизрастания выделяются группы типов леса, которые разграничиваются на собственно типы леса, однородные по составу и производительности древесного яруса, по строению и составу нижних ярусов растительности, условиям возобновления древесной растительности и свойствам почвенного субстрата.

Итак, в обобщенном виде классификация лесных болот Н.И. Пьявченко выглядит следующим образом. В биогеоценотической оболочке биосферы обособляется болотная биогеохора, которая распадается на простые и сложные болотные биогеосистемы. В пределах последних выделяются четыре типа болотных массивов: А – евтрофный (низинный), Б – мезотрофный (переходный), В – олиготрофный (верховой), Г – гетеротрофный (разнотипный). Каждый из типов болотных массивов имеет геоморфологические варианты: А – замкнутых котловин, проточных логов, старичный, пойменный; Б – замкнутых котловин, сточных котловин, пологих склонов, приозерный; В – замкнутых котловин, сточных котловин, пологих

склонов, равнинный; Г – сточных котловин, приозерный, подножных склонов, пологих склонов. Для типов болотных массивов в целом и их геоморфологических вариантов свойственны следующие группы типов биогеоценозов (фаций): 1) геоморфологические варианты в системе А – а) топяная, б) топяно-лесная, в) лесная; 2) геоморфологические варианты системы Б – а) топяная, б) топяно-лесная, в) лесная; 3) геоморфологические варианты системы В – а) топяная, б) топяно-лесная, в) лесная; 4) геоморфологические варианты системы Г – а) топяная, б) топяно-кустарничковая, в) кустарничково-лишайниковая.

Далее в классификации подразделяются типы биогеоценозов (болотных фаций), последовательность которых для краткости изобразим по сочетаемости цифровых индексов, указанных выше.

Типы биогеоценозов (фации): Аа – гипновая, хвощевая, тростниковая; Аб – осоково-березовая, тростниково-ольховая; Ав – еловая, березовая; Ба – осоково-сфагновая, шейхцериево-сфагновая; Бб – сфагново-березовая, сфагново-еловая; Бв – сосново-березовая, елово-сосновая; Ва – шейхцериевая, пушицевая; Вб – сосново-сфагновая; Вв – кустарниково-сосновая; Га – аапа; Гб – аапа-бугристая, полигональная; Гв – плоскобугристая, крупнобугристая.

Отметим, что в Сибири типы лесоболотных биогеоценозов (на уровне фаций) во многих случаях имеют замещающие или дополняющие варианты, не вошедшие в классификацию Н.И. Пьявченко, которая в большей степени адаптирована по низшим единицам к европейской части России. Например, в Западной Сибири вместо тростниково-ольховой лесоболотной фации может быть включена тростниково-ивняковая или тростниково-березовая; в дополнение к сфагново-еловой и елово-сосновой фациям целесообразно указать елово-кедровую, сосново-кедровую, кедрово-пихтовую фации и т.д. Важно, что региональные уточнения достаточно логично вписываются в структуру биогеоценологической классификации Н.И. Пьявченко.

В заключении отметим, что оценка структурной организации лесоболотных экосистем в связи с проблемой их типизации отнюдь не ограничивается рассмотрением перечисленных подходов. Важно обращаться к фундаментальным истокам современного болотоведения и увидеть в них блеск малоизвестных или нереализованных идей, не потерявших своего научного значения по сию пору. Будучи переосмысленными и дополненными новейшими материалами, они могут оказаться вновь востребованными на многие годы вперед, может быть с иным содержательным наполнением и для более ориентированных целей.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант № 05-04-48517-а).

Литература

1. Ломоносов М.В. О слоях земных // Первые основания металлургии или рудных дел. М., 1934. 456 с. **2.** Сукачев В.Н., Зонн С.В. Методические указания по изучению типов леса. М., 1961. 144 с. **3.** Пьявченко Н.И. О принципах биогеоценологической классификации болот // Проблемы биогеоценологии. М., 1973. С. 174-189. **4.** Галкина Е.А. Болотные ландшафты и принципы их классификации // Сборник работ БИН АН СССР, выполненных в Ленинграде за 3 года Великой Отечественной войны (1941-1943). М.-Л., 1946. С. 139-156. **5.** Галкина Е.А. Болотные ландшафты Карелии и принципы их классификации // Торфяные болота Карелии.

Петрозаводск, 1959. С. 3-48. **6.** Галкина Е.А. Методы использования аэрофотоснимков для типизации и картирования болотных массивов // Болота и заболоченные земли Карелии. Петрозаводск, 1964. С. 5-24. **7.** Лопатин В.Д. Очерк растительности Гладкого болота (Тосненский район Ленинградской области) // Учен. зап. ЛГУ (сер. геогр. наук). 1949. № 5. С. 152-174. **8.** Лопатин В.Д. «Гладкое» болото (торфяная залежь и болотные фации) // Учен. зап. ЛГУ (сер. геогр. наук). 1954. № 9. С. 95-181. **9.** Богдановская-Гиенэф И.Д. О классификации болотных массивов // Вестник ЛГУ. 1949. № 7. С. 55-61. **10.** Богдановская-Гиенэф И.Д. Закономерности формирования сфагновых болот верхового типа (на примере Полистово-Ловатской болотной системы). Л., 1969. 185 с. **11.** Пьявченко Н.И. Лесное болотоведение. М., 1963. 191 с.

Forest-peat ecosystems structure organization and its typification problem

S.P. Yefremov, T.T. Yefremova

The theoretical aspects of bog formation and peat formation processes, methods of approach to forest-peat ecosystems structure investigation for its typification are discussed. Princips of dismemberment of bogs space structure and three main trends in interpretation of "cenosis structure" concept are considered. Taxonomic units of typological and biogeocenotic classification of forest-peat ecosystems are characterized.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОРГАНОГЕННЫХ МАТЕРИАЛОВ В ПОЧВЕННО-ЛАНДШАФТНОМ КОНСТРУИРОВАНИИ

А.В. Смагин

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова,
Smagin@list.ru

Предложены почвенные конструкции на базе отечественных и синтетических органогенных материалов для озеленения территорий мегаполисов гумидной зоны.

Почвенно-ландшафтное конструирование – современное направление биогеофизики, целью которого является целенаправленное изменение неблагоприятных физических и физико-химических свойств почв и ландшафтов**.** Основным материальным носителем биогенной организации почв и ландшафтов является органическое вещество (ОВ). При этом воздействие ОВ проявляется на всех иерархических уровнях организации почвы как динамической биокосной системы от молекулярного и агрегатного до профильного и ландшафтного. Органическое вещество почв обладает рядом уникальных качеств, которые и обуславливают столь значительный эффект его воздействия на минеральные части почвы при относительно малых концентрациях. Это, прежде всего, высокая дисперсность и связанная с нею поверхностная энергия. Эффективная удельная поверхность ОВ в почвах варьирует от 300-600 $м^2/г$ и более, фактически на порядок превышая дисперсность обычных минеральных почв. Соответствующая поверхностная энергия обеспечивает высокую водоудерживающую, поглотительную и сорбционную способность ОВ, его поверхностно-активные свойства и функцию структурообразователя в дисперсных системах. Приведем основные гидрофизические функции (ОГХ), полученные после статистической обработки 350 образцов почв различного генезиса и дисперсности. Полная

влагоемкость органогенных пористых сред в диапазоне 300-1500 %, в десятки раз превышая таковую в минеральных почвах, а суммарная энергия взаимодействия твердой и жидкой фазы (интеграл функции ОГХ) достигает 1500-2000 Дж/кг, что в 10-20 раз выше аналогичной величины для почв тяжелого гранулометрического состава и в 100-200 раз для песков. Из известных природных материалов с органогенными пористыми средами могут сравниться только глинистые минералы, но они существенно тяжелее и практически не проницаемы для воды. Емкость катионного обмена торфов варьирует от 100 до 200 мг-экв/100г, а гумусовых веществ от 200 до 600 мг-экв/100г, что также на порядок выше типичных величин для минеральных почв. Органогенные горизонты и гумусовые вещества в почвах способны адсорбировать и удерживать в доступном для потребления организмами обменном состоянии более 10 % от собственной массы жизненно-необходимых минеральных соединений. Часть элементов минерального питания содержится в составе самого ОВ в приемлемых для растений соотношениях, включая микроэлементы, и постепенно высвобождается при его деструкции, включаясь в состав вновь синтезируемой продукции. К этому добавляется круговорот основного элемента ? органического углерода, высвобождение которого при деструкции в форме CO_2 удовлетворяет потребность данного газа при фотосинтезе. Стационарные природные экосистемы (ландшафты) становятся фактически автономными по веществу. Высокая сорбционная и поглотительная способность ОВ обеспечивает также ремедиационную функцию почв в виде биогеохимического барьера для органических и минеральных поллютантов при антропогенном загрязнении окружающей среды.

Вышеперечисленные свойства, присущие органогенным материалам позволяют использовать их в качестве основных компонентов искусственных почвенных конструкций для озеленения городских ландшафтов, в том числе в жестких климатических условиях аридных регионов. Особый интерес представляет разработка слоистых почвенных конструкций с целью концентрации влаги в корнеобитаемой толще почвы при максимально возможном сокращении ее неэффективных потерь на испарение и отток в глубинные слои [1, 2]. При опасности вторичного засоления, типичной для орошаемых аридных территорий, необходимо, чтобы проектируемые почвенные конструкции и режимы орошения были эффективны при возделывании растений, и служили бы надежной защитой от аккумуляции растворимых солей (электролитов) в корнеобитаемом слое. В крупных городах гумидных регионов, повышенные дозы противогололедных реагентов и минеральных удобрений приводят к засолению почв и гибели растительности [2]. Предлагаемые слоистые почвенные конструкции на основе органогенных материалов наряду с повышенным водоудерживанием оказывают сопротивление вертикальному движению воды не только в нисходящем, но и в восходящем направлениях, снижая интенсивность и высоту ее капиллярного поднятия из нижних засоленных слоев. Это служит средством защиты орошаемых территорий от процесса вторичного засоления. Наконец, слоистый способ закладки органогенных материалов на удалении от поверхности почвы и без перемешивания с минеральным грунтом существенно снижает интенсивность биодеструкции ОВ – основного негативного процесса, лимитирующего его использование в почвенных конструкциях. На рисунке 1 приведены расчетные кривые биодес-

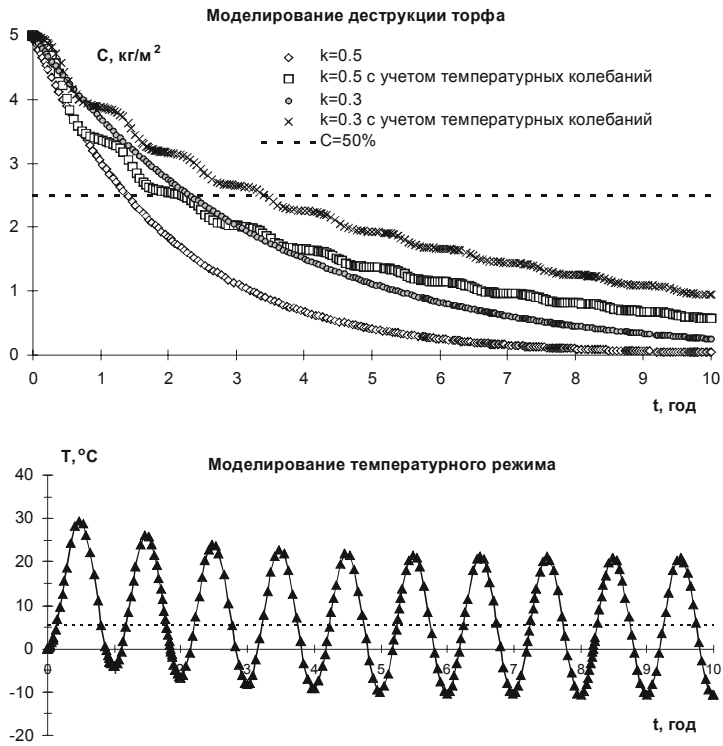


Рис. 1. Расчет интенсивности биодеструкции торфосмеси (растительного грунта) используемой при озеленении в условиях г. Москвы. Используется кинетическое уравнение деструкции 1 порядка [1]. С –запас ОВ, k- кинетическая константа биодеструкции растительного грунта на основе низинного ($k=0,3год^{-1}$) и верхового ($k=0,5год^{-1}$) торфов. Вклад температурных колебаний описывается температурным коэффициентом $Q_{10}=2$ и гармонической моделью Фурье со среднегодовой температурой 5.4°С.

трукции торфяных смесей, применяющихся в наиболее распространенной технологии озеленения нарушенных в ходе застройки городских территорий в условиях г. Москвы. По данным моделирования, учитывающим только температурный фактор и различия в природе торфа, половина исходного запаса теряется уже за 2-3 года (пунктирная линия на рис. 1). Натурные наблюдения в новом микрорайоне Куркино также показывают, что газоны через 3 года практически полностью деградируют и замещаются сорной растительностью.

Внесение в органический материал ингибиторов деструкции, также негативно сказывается на росте высших растений. Поэтому следует создавать специальные

слоистые субстратные конструкции, в которых органогенные материалы располагались бы в глубине почвы, что существенно снижает темпы их биодеструкции и эрозионные потери [1].

Методика исследований

Исследование проводилось летом 1995 г. на территории Эмирата Дубаи (О.А.Э.). Погодные условия характеризовались температурами воздуха - 30-40^{0}С при полном дефиците влаги. Выращивание растений в таких условиях возможно только на основе интенсивной ирригации. Принятые нормы орошения травяных зеленых газонов в черте города составляют не менее 12 л/м^2 в сутки. В некоторых случаях нормы увеличиваются в 2-3 раза для лучшей приживаемости растений или их реанимации после засыхания. Оросительная вода содержит 1-2 г/л растворимых солей и по действующей международной классификации относится к очень высоко минерализованной или непригодной к орошению. В химическом составе воды отмечена большая доля катионов Na^+ (400 ppm), что в условиях повышенной (до 50 %) карбонатности грунта может быть причиной образования соли Na_2CO_3, наиболее токсичной для растений. Уровень грунтовых вод в городе колеблется от 160 до 240 см от поверхности почвы, воды сильно минерализованы (до 20-30 г/л). Все вместе создает потенциальную угрозу вторичного засоления орошаемых земель.

Исходным грунтом, использующимся при выращивании растений в городе, является тонкозернистый пылеватый песок высокой дисперсности, способный агрегироваться по типу карбонатной цементации. Он обладает слабой водоудерживающей способностью и высокой (220-240 см/сут) водопроницаемостью (табл. 1). Общая влагоемкость песка не превышает 26-28 %. При этом как показывает анализ основной гидрофизической характеристики большая часть активной влаги (в диапазоне от 10-12 до 28 %) не удерживается почвой и быстро стекает вниз. Элек-

Таблица 1

Физические свойства некоторых исходных материалов и их композиций

Материал	**Коэффициент фильтрации, см/сут**	**Плотность почвы, г/см^3**	**Полная влагоемкость, весовые %**	**Полная влагоемкость, объемные %**
Природный песок	235.1	1.44	24.7	35.6
Природный песок	219.9	1.40	24.1	33.7
Чистый торф	6814.0	0.14	481.4	64.9
5% торфа в природном песке	172.0	0.73	65.6	47.9
0.1% гель в природном песке	71.8	1.37	22.2	30.4
Песок/100 % торф/ песок	13.7	1.16	35.4	41.0
Песок /0.1 % гель в песке/песок	20.2 2.9	1.54 -	21.1 -	32.5 -
Песок/100 % гель/ песок	23.7 11.8 5.7	1.38 - 1.44	21.8 - 23.4	30.1 - 33.8

тропроводность почвенных паст в соотношении 1:1 с водой варьирует от 2 до 7 мСм/см, что указывает на слабую и среднюю степень засоления грунта.

В качестве основных компонентов почвенных конструкций были использованы низинный торф (Яхроминская пойма, Подмосковье) и синтетический полимерный сильно набухающий гидрогель (СПГ). Материалы прошли экологическую экспертизу в России и О.А.Э., подтверждающую их безвредность и возможность использования в сельском хозяйстве.

Водоудерживающая способность торфа в 3 раза превышает таковую в исходном грунте. При этом общая влагоемкость материала может достигать 75 % от объема. Коэффициент фильтрации воды в торфе чрезвычайно высок (6814 см/сут), в связи с чем его водопроницаемость можно отнести к провальной. СПГ представляет собой новый почвенный кондиционер с максимальной степенью набухания до 1000 $см^3$ H_2O на 1 г сухого вещества, получаемый синтетическим путем на основе полиакриламида. Как показали предшествующие исследования [3], оптимальные концентрации гидрогеля в смеси с песчаными субстратами не превышают 0.1-0.2 % от массы почвы. При этом водоудерживающая способность материала возрастает в 4 раза при общей влагоемкости до 60 %. Коэффициент фильтрации такой смеси снижается в 4 раза относительно исходного грунта и составляет 71.8 см/сут (табл. 1).

Сравнительный анализ ОГХ и фильтрационных свойств разных композиций позволил выбрать варианты оптимальных почвенных конструкций, обеспечивающие аккумуляцию влаги в верхнем горизонте почвы и сокращение ее вертикального стока. В результате предложено использовать слоистые конструкции типа «сэндвич», обладающие высокой водоудерживающей способностью и влагоемкостью при минимальной водопроницаемости. В частности, использование сухого торфа позволило снизить фильтрацию в 15 раз, а гидрогеля - в 12-80 раз при сохранении свойств этих материалов удерживать и аккумулировать влагу.

В качестве тестовой растительной культуры выбрана бермудская трава *Paspalum vaginatum*, как наиболее распространенный вид для выращивания зеленых в условиях О.А.Э. Для демонстрации эффекта предложенных конструкций проводился полевой эксперимент, организованный по следующей схеме. Территория опытного поля была поделена на три равных участка общей площадью 720 $м^2$. Участок «А» возделывали по технологии Департамента садоводства и паркового хозяйства Муниципалитета г. Дубаи, согласно которой на поверхность песчаной почвы вносились древесная стружка и гранулированный органический материал, представляющий собой переработанные бытовые отходы. На втором участке испытывалась новая технология в двух вариантах - с гидрогелем и торфом. Территория состояла из рабочих площадей («В», «С») по 80 $м^2$ каждая. На территории «В» в верхнем горизонте почвы создавался слой с 0.1 % концентрацией гидрогеля. На следующей площади «С» использовался слой торфа, перекрытый сверху исходным грунтом. В качестве контроля выступал участок «Е», где никакой обработки почвы кроме ирригации не проводилось.

Плотность посадки бермудской травы составила 15-16 экз./$м^2$. Участки орошались дождеванием с помощью стационарной ирригационной системы с автома-

тическим и ручным управлением, что позволяло задавать любые нормы и сроки поливов. Контроль за поливом осуществлялся с помощью осадкомеров объемом 400 см^3 и площадью поперечного сечения 50 см^2. Сосуды устанавливались на поверхность почвы, и по окончании полива в них определялось количество поступившей воды. В процессе эксперимента осуществлялся мониторинг влажности почвы, плотности ее сложения, давления почвенной влаги и солевого состояния. Давление почвенной влаги измерялось ежедневно стандартными тензиометрами со ртутными вакуумметрами ежедневно до и после полива на глубинах 5, 10, 15 см. Из высушенных образцов после измерения влажности готовились почвенные пасты в соотношении почва-вода 1:1. Пасты выдерживались в течение суток после чего в них измерялась электропроводность, что позволяло осуществлять оперативный контроль за солевым состоянием почвы.

Эвапотранспирация растений определялась с помощью лизиметров. В качестве лизиметров использовались цилиндрические сосуды объемом 9 и площадью поперечного сечения 510 м^2, в которые высаживались растения. Для определения биомассы отбирались типичные для данного участка растения, которые затем взвешивались и сушились при 70^{0}С в течение суток. Содержание хлорофилла в зеленой массе осуществлялось одновременно с определением биомассы с помощью колориметрии в ацетоновом экстракте.

Результаты исследований

Основная идея эксперимента заключалась в создании оптимального режима увлажнения почвенных конструкций, который позволил бы полностью удовлетво-

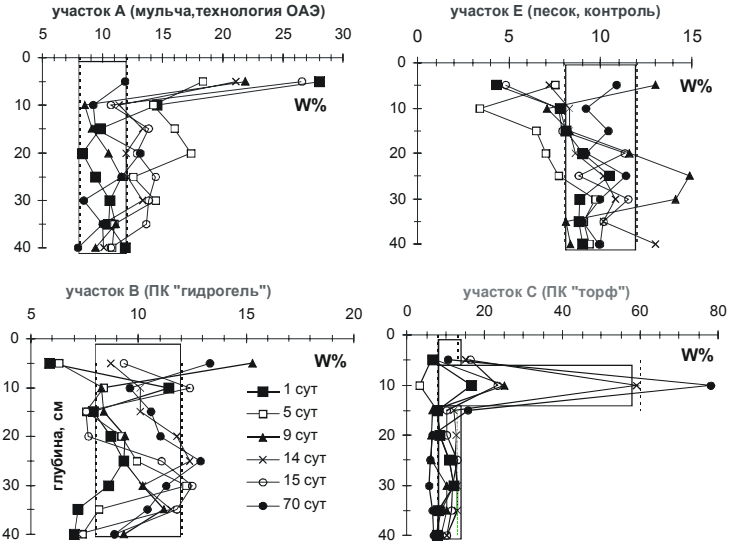


Рис. 2. Динамика влажности почв и почвенных конструкций (июнь-сентябрь1995г.)

рить потребности выращиваемой культуры в воде при ее минимальном оттоке за пределы корнеобитаемой зоны. На рисунке 2 выделена область оптимального содержания влаги для исследуемых почв и почвенных конструкций в пределах которой влага остается доступной растениям и вместе с тем достаточно хорошо удерживается почвой, что позволяет минимизировать непродуктивные потери с внутрипочвенным стоком. Определение границ оптимального влагосодержания проводилось по ОГХ, согласно термодинамической концепции физического состояния почв [4]. В процессе эксперимента необходимо было поддерживать влажность почвы в указанном диапазоне, чтобы добиться максимальной экономии воды при высокой продуктивности растений. Анализируя динамику влажности почвы экспериментальных участков, убедимся, что на созданных почвенных конструкциях (площадки «B», «C», «D») полностью удалось добиться поставленной задачи. Из данных (см. рис. 2) следует, что влага аккумулировалась в верхней корнеобитаемой толще, в то время как в нижних горизонтах устойчиво поддерживалась влажность, соответствующая минимальному стоку. Предложенная арабскими коллегами технология (участок «A») нуждается в совершенствовании, поскольку на их территории наблюдались значительные потери воды. Содержание влаги в почве на глубинах от 0 до 40 см здесь постоянно превышало границу в10-12 %, отделяющую область интенсивного гравитационного стока. Балансовый расчет количества воды, стекающего за пределы верхней 30 см толщи, дал оценку этой величины в 4-7 л/м^2 в сутки, что составляет до 50 % принятой в городе нормы полива. Поскольку на контрольном участке «E» полив был организован также как и на экспериментальных («B», «C», «D»), влажность нижних горизонтов почвы этой территории находилась как правило в допустимой (оптимальной) области, что демонстрировало преимущество предложенной технологии даже на необработанных грунтах. Однако, из-за интенсивного испарения и транспирации с поверхности почвы в этом случае, в отличие от экспериментальных почвенных конструкций, верхние горизонты не могли аккумулировать достаточное для продуктивного развития растений количество воды. Впоследствии это подтвердилось оценкой их биомассы.

Изучение динамики давления почвенной влаги в корнеобитаемой зоне подтвердило выводы о доступности воды растениям: ($5<|P|<15$ кПа). Кроме того выявленные в процессе наблюдений низкие градиенты давления по глубине исследуемой почвенной толщи свидетельствовали о минимальном капиллярном оттоке влаги в нижележащие горизонты. Использование тензиометров позволило оперативно контролировать состояние почвенной влаги до и после полива, что неосуществимо обычным методом определения влажности из-за его длительности. Эти данные, наряду с анализом эвапотранспирации учитывались при разработке режима полива опытных участков.

Эксперимент проводился в экстремальных климатических условиях летнего периода, когда суточная эвапотранспирация *Paspalum vaginatum* достигала максимальных величин. Поскольку полив в эксперименте осуществлялся по дефициту влаги, согласно данным о суточной эвапотранспирации, иногда приходилось использовать на наш взгляд несколько увеличенные нормы. Поэтому экономия по-

ливных вод составила в этот период 30 % от общепринятых норм. В менее жаркое время года можно еще сильнее уменьшить расход влаги, достигнув 50-60 % экономии, и полностью минимизировать сток влаги в нижележащие слои. Контрольные замеры, произведенные в сентябре через два месяца после окончания летнего эксперимента, выявили снижение эвапотранспирации до 5.8-5.2 л/м^{2}сут, несмотря на то, что к этому времени из отдельных кустов бермудской травы сформировался сплошной зеленый газон. Это означает, что потенциальная экономия воды при поливе по потребностям растительных культур достигает в данный период более чем 50 %.

Контроль за солевым состоянием экспериментальных угодий показал устойчивую тенденцию рассоления верхней 30 см толщи почвы. Так на участках «А», «В» и «С» электропроводность почвенных паст к концу эксперимента снизилась в 2-3 раза, достигнув в среднем в корнеобитаемой зоне 1.5 мСм/см, а для слоя 0-10 см – 0.5 мСм/см.

В целом на всей территории уровень общего засоления грунта по данным о его электропроводности не превышал допустимых значений. Для отмывки корневой зоны от солей допустимо применять один-два раза за сезон разовые большие нормы орошения. В данном эксперименте эта цель не была запланирована, однако внезапное выпадение ливневых осадков послужило таким ирригационным импульсом, способствующим выносу солей за пределы верхней 30 см толщи. Поскольку предлагаемые конструкции почвы не только снижают до минимума сток воды в нижние слои, но и препятствуют ее капиллярному поднятию вместе с солями к поверхности, они служат надежным средством защиты от вторичного засоления. Прямая демонстрация эффективности конструкций в этом направлении требует более длительного срока и может быть достоверно проведена при исследовании глубоких слоев, так как уровень минерализованных подземных вод на станции находится на отметке 1.8-2.0 м.

Таблица 2

Сравнительная оценка биомассы и содержания хлорофилла растений

Участок	**Содержание хлорофилла, мг/г сырой массы**			**Запасы биомассы, г/м^2**	
	пигмент А	**пигмент В**	**общее**	**сырой**	**сухой**
A	1.12	0.70	2.18	398.4	195.2
B	1.93	1.57	4.32	1332.8	491.2
C	1.62	1.24	3.54	1353.6	609.6
E	1.74	1.44	4.01	408.0	158.4

Визуальное определение состояния растений на участках, данные по из биомассе и содержанию пигмента хлорофилла также подтвердили преимущество разработанной технологии (табл. 2). Размеры и масса кустов тестовой культуры на площадях «В» и «С» (варианты с гелем и торфом) в 2- 2.5 раза превышали таковые на контроле и участке, обработанном по технологии Муниципалитета. Наибольшее содержание зеленого пигмента было отмечено в варианте с использованием гидрогеля, а наименьшее на участке «А». В контрольном варианте, несмотря на высокий уровень хлорофилла, биомасса растений была значительно меньше.

Таким образом, эксперимент показал, что почвенные конструкции на базе отечественных природных и синтетических органогенных материалов позволили в условиях О.А.Э. снизить расход ирригационных вод на 30-50 % при защите орошаемой территории от вторичного засоления и получить растительную продукцию *Paspalum vaginatum* в 2-3.5 раза выше по сравнению с контролем. Достигнутые результаты позволяют рекомендовать использование слоистых почвенных конструкций для выращивания газонной растительности в городских условиях аридного климата, а также при озеленении территорий мегаполисов гумидной зоны, где использование электролитов и техногенное загрязнение почв приводит к резкому ухудшению их экологического состояния.

Работа выполнена при финансовой поддержки РФФИ и Фонда содействия отечественной науке.

Литература

1. Смагин А.В., Губер А.К., Шеин Е.В., Мунир Гайз. Разработка почвенных конструкций и режимов орошения озеленяемых городских ландшафтов в условиях аридного климата // Деградация почв и опустынивание. М., 1999. С. 470-482. **2.** Экологические функции городских почв. М.-Смоленск, 2004. 228 с. **3.** Смагин А.В. Садовникова Н.Б. Влияние сильнонабухающих полимерных гидрогелей на водоудерживающую способность легких почв // Почвоведение. 1994. № 11. С. 50-55. **4.** Смагин А.В. Теория и методы оценки физического состояния почв // Почвоведение. 2003. № 3. С. 328-341.

Use organic materials in soil landscape designing

A.V. Smagin

The soil constructions on the basis of domestic and synthetic organic materials for gardening of territories of the megapolicies гумидной of a zone are offered.

АНАЛИЗ ГИДРОТЕРМИЧЕСКОЙ ГИПОТЕЗЫ РАЗЛОЖЕНИЯ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА

Н.Н. Бамбалов

Институт проблем использования природных ресурсов и экологии
НАН Беларуси, г. Минск, peatland@ns.ecology.ac.by

Температурный и гидрологический режимы болот, будучи определяющими факторами торфообразования, не могут быть причиной различной степени разложения торфа вследствие длительности пребывания отмерших растений в торфогенном слое при периодически изменяющихся условиях аэрации, увлажнения и температуры. Широко распространенная и вошедшая в учебники гидротермическая гипотеза находится в противоречии со многими общеизвестными фактами произрастания и разложения растений в болотной среде, а также со стратиграфией торфяных залежей и их эволюцией в голоцене. Гидротермическая гипотеза объясняет лишь, почему образуется торф, но она не объясняет, почему у него разная степень разложения. Вполне очевидно, что причину разной степени разложения торфа следует искать среди других, не гидротермических факторов торфообразования.

Степень разложения является одной из главных и специфичных характеристик торфа. При одинаковом ботаническом составе от степени разложения зависят физические, химические и биологические свойства торфа: цвет, водопоглощающая и водоудерживающая способности, плотность, теплопроводность, содержание в торфе углеводов, гуминовых и других веществ, а также его теплотворная способность, ионообменные, агрономические и многие другие свойства [1, 2]. Для производства различных видов продукции требуется торф с разной степенью разложения. Например, для получения тепличных грунтов используется верховой малоразложившийся (до 20 %) торф, для получения ионообменных материалов и битумов – верховой торф с высокой степенью разложения (35–70 %), для лечебных грязей и топливных брикетов используется торф разных типов со степенью разложения не менее 30 % и т. д. В связи с этим, изучение закономерностей и условий формирования торфа с разной степенью разложения актуально для оценки торфяных месторождений как источников органического сырья.

Цель данной работы – оценить роль водного режима и климата в разложении органического вещества растений-торфообразователей и в формировании торфа с разной степенью разложения.

Полевые исследования выполнены на торфяных месторождениях Беларуси, находящихся в естественном и осушенном состояниях, а также на осушенных торфяных почвах Беларуси, Германии и Польши. Отбор проб торфа производился путем бурения торфяных залежей по [2, 3]. Ботанический состав и степень разложения торфа определялись микроскопическим методом [2]. Описание поверхности и растительности болот выполнялось в полевых условиях по [3].

В конце 19 – начале 20 веков была распространена гипотеза перманентного разложения торфа, согласно которой, степень разложения должна быть пропорциональна времени его пребывания в торфяных залежах [4, 5]. Действительно, в торфяных залежах верхового типа часто сверху залегают пласты сфагнового торфа с

низкой степенью разложения (5-20 %), а ниже залегают сосново-сфагновый, пушицево-сфагновый, пушицевый, сосновый или сосново-пушицевый виды торфа, имеющие степень разложения 30-70 %. Такое стратиграфическое строение торфяных залежей послужило основой для данной гипотезы, сторонники которой полагали, что процесс разложения органического вещества в торфяных залежах непрерывный и постепенно затухающий, поэтому, чем глубже залегает торф, тем выше должна быть его степень разложения. Однако при этом никак не учитывался тот факт, что верхние малоразложившиеся слои торфяных залежей и нижние слои сильно разложившегося торфа сформированы из растений разных ботанических видов с разным химическим составом. Степень разложения увязывалась лишь с глубиной залегания торфа. Подчеркнем еще раз, что эти представления были основаны на данных изучения торфяных залежей верхового типа на территории России и Западной Европы.

Однако по мере накопления данных о стратиграфии торфяных залежей эти воззрения были отклонены, так как они пришли в противоречие с новыми фактами. Было доказано, что для торфяных залежей низинного типа вышеуказанная закономерность стратиграфического строения не наблюдается. Более того, было экспериментально установлено, что все типы торфяных залежей могут иметь слои торфа с низкой, средней и высокой степенью разложения на различных глубинах, причем торф с низкой степенью разложения может залегать ниже торфа с высокой или средней степенью разложения, который, в свою очередь, снова может быть перекрыт торфом с низкой степенью разложения.

Потонье [6] рассмотрел различные варианты разложения органического вещества отмерших организмов в природных условиях от полной минерализации до полной консервации и пришел к выводу, что при прочих равных условиях глубина разложения зависит от аэрации и предположил, что в болотной среде главным фактором, препятствующим свободному поступлению кислорода к отмершим торфообразователям, является избыток воды, вытесняющий воздух из пор разлагающегося субстрата. Таким образом, он, по-видимому, первый высказал мысль о значении гидрологического режима болот для процесса торфообразования.

Известно, что на болотах уровни грунтовых вод колеблются в зависимости от сезонов года и погодных условий, однако в каждой торфяной залежи существует линия, ниже которой уровень воды никогда не опускается. По современным представлениям [7–10], этой линией торфяная залежь делится на две принципиально различные зоны: верхнюю и нижнюю. Верхняя зона содержит живые корневые системы и населена аэробными микроорганизмами, поэтому она является целинной торфяной почвой. Ниже линии постоянного уровня грунтовых вод находится бывшая торфяная почва, почти лишенная живых организмов из-за постоянного анаэробиоза и превратившаяся в органогенную горную породу – торф.

Отсутствие строгой закономерности в чередовании слоев торфа с разными величинами степени разложения создало предпосылки для разработки теории торфогенного слоя [8, 11, 12]. Согласно этой теории, преобразование растений в торф осуществляется не в течение всего периода накопления торфа, а в сравнительно короткое время в верхнем биологически деятельном слое торфяной залежи, нахо-

дящемся выше постоянного уровня грунтовых вод и получившем название торфогенного слоя.

Воззрения Потонье [6], поддержанные Г.Л. Стадниковым [13], были развиты и в наиболее полном виде изложены в работах С.Н. Тюремнова [14, 15], причем изменения гидрологического режима болот увязывались с изменениями климата. Так постепенно сформировалась гидротермическая гипотеза, объясняющая степень разложения торфа условиями водного и теплового режимов болот. Действительно, этими природными факторами во многом определяется интенсивность жизнедеятельности аэробных микроорганизмов, разлагающих органическое вещество отмерших растений. Согласно гидротермической гипотезе, в условиях прохладного и дождливого климата уровни грунтовых вод на торфяных месторождениях стоят почти на поверхности и жизнедеятельность аэробных микроорганизмов затруднена. В таких условиях отлагается торф с низкой степенью разложения. Наоборот, в условиях жаркого и сухого климата уровни грунтовых вод на болотах опускаются ниже торфогенного слоя, аэрация верхнего биологически деятельного слоя усиливается, что обеспечивает интенсивное развитие аэробных микроорганизмов и формирование торфа с высокой степенью разложения.

В учебных пособиях по болотоведению [3, 14,] именно так объясняется разная величина степени разложения разных видов торфа. Более того, известны попытки объяснить с позиций гидротермической гипотезы наличие в торфяных залежах так называемого пограничного горизонта, представленного слоем торфа верхового типа с высокой степенью разложения (40–60 %), сложенного преимущественно остатками сосны, пушицы и кустарничков с включениями сосновых пней и стволов. Такой слой мощностью от 20 до 70 см залегает на глубине чаще всего около 3 м. Согласно теории Блитта – Сернандера [цит. по 13], в голоцене несколько тысяч лет назад теплый и влажный атлантический период сменился теплым и сухим суббореальным периодом, длившемся около 2500 лет. Продолжительный сухой и теплый период вызвал понижение уровней грунтовых вод на болотах и смену их растительного покрова, а процессы разложения растительных остатков интенсифицировались вследствие улучшения аэрации [13]. По этой причине за столь длительный период отложился небольшой слой торфа, но с высокой степенью разложения.

Другой вариант гидротермической гипотезы, предложенный Вебером [цит. по 13], исходит из того, что в результате повышения сухости климата, процесс торфообразования почти прекратился, и начал интенсивно разлагаться ранее отложенный в атлантическом периоде торф с меньшей степенью разложения.

Несомненно, что особенности гидротермических условий разных биоклиматических зон существенно влияют на растительный покров болот, скорость накопления торфа, стратиграфию торфяных залежей и формирование преобладающих типов торфяных месторождений, характерных для каждой зоны [10, 13–20]. В связи с этим гидротермическая гипотеза внешне выглядит довольно последовательной и логически обоснованной, поэтому получила широкое распространение среди специалистов-торфоведов и даже вошла в учебники по болотоведению, геологии и разведке торфяных месторождений [3, 14, 15]. Однако в действительности эта

гипотеза находится в противоречии со следующими широко распространенными фактами.

Факт 1. Весьма часто на одном и том же торфяном месторождении на одной и той же глубине залегают виды торфа с разной степенью разложения. Например, на торфяном месторождении Фаличский Мох (рис. 1) наклонное положение слоев торфа между ВР-2 и ВР-3 и далее к ВР-4 означает, что формирование видов торфа с разной степенью разложения, залегающих на одинаковой глубине в пределах от 1.2 до 2.7 м, здесь происходило в одно и тоже время. Если бы отложение торфа с высокой степенью разложения определялось ксеротермическим периодом, то слои имели бы не наклонное, а горизонтальное положение на всем протяжении торфяной залежи. Таким образом, на этом торфяном месторождении в одно и то же время на весьма близком расстоянии и на одной и той же глубине в условиях одинакового климата сформировались виды торфа с разной степенью разложения. Возникает вопрос: почему у них разная степень разложения? С точки зрения гидротермической гипотезы это объяснить невозможно.

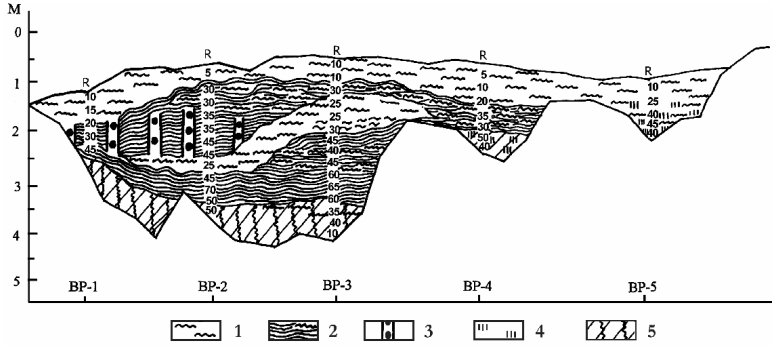


Рис. 1. Стратиграфия торфяного месторождения Фаличский Мох:
1 — верховой сфагновый торф; 2 — верховой пушицевый торф; 3 — верховой сосновый торф; 4 — верховой шейхцериевый торф; 5 — низинный тростниково-осоковый торф. Цифрами обозначена величина степени разложения торфа (R), %.

Факт 2. Весьма часто в пределах одного и того же торфяного месторождения торф с высокой степенью разложения залегает на разных глубинах и прерывается пластами слабо разложившегося торфа. В стратиграфическом профиле торфяного месторождения Фаличский Мох (см. рис. 1) имеются два слоя высоко разложившегося верхового торфа, разделенных слоем мало разложившегося торфа. В зоне пункта бурения ВР-3 толщина слоя малоразложившегося торфа составляет 0.7 м. С учетом скорости прироста сфагновых видов торфа на территории Беларуси, равной 1-1.2 мм в год, продолжительность образования этого слоя составляет примерно 600–700 лет. Это означает, что нижний и верхний пласты высоко разложившегося торфа на этом участке торфяного месторождения сформировались в существенно отдаленные временные периоды.

Известно много торфяных месторождений на территории Беларуси, в верхних слоях которых образование высоко разложившегося и слабо разложившегося торфа происходит в настоящее время [21–23]. Вместе с тем имеются торфяные месторождения, в которых высоко разложившийся торф залегает по всей толще (2–3 м) от минерального дна до поверхности. Следовательно, образование высоко разложившегося торфа никак не связано с жарким или сухим климатом. Более того, доказано [21–23], что в разных торфяных месторождениях Беларуси слои сильно разложившегося торфа залегают на разных глубинах и имеют разные геологические возрасты, поэтому их образование также не может быть объяснено с позиций гидротермической гипотезы.

Факт 3. Разные виды сфагновых мхов, произрастающие в различных условиях увлажнения и аэрации, образуют разные виды торфа, но с одинаково низкой степенью разложения. Например, как показано на рисунке 2, *Sp. angustifolium* произрастает в условиях сильного обводнения, *Sp. cuspidatum* произрастает погруженным в воду, а *Sp. fuscum*, наоборот, произрастает на кочках и буграх, приподнятых над уровнем грунтовых вод на несколько десятков сантиметров, а нередко и более метра. Несмотря на то, что местообитания этих трех видов мхов существенно различаются по условиям увлажнения и аэрации, все они образуют виды торфа с одинаково низкой степенью разложения, чаще всего 10–20 %. Одинаково низкая степень разложения разных видов сфагнового торфа в данном случае вступает в противоречие с гидротермической гипотезой разложения органического вещества, так как при совершенно разных условиях увлажнения и аэрации формируются виды торфа с одинаковой степенью разложения.

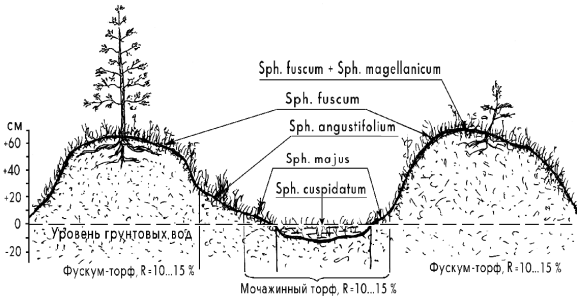


Рис. 2. Особенности гидрологического режима местообитаний сфагновых мхов

Факт 4. Как и *Sp. fuscum*, пушица также произрастает на кочках, приподнятых над уровнем грунтовых вод, но из мха *Sp. fuscum* образуется торф со степенью разложения до 20 %, а из пушицы образуется торф высокой степени разложения, чаще всего 35–50 % (рис. 3), а иногда – до 60–70 % [2, 18]. Таким образом, в одинаковом климате и при одинаковом гидрологическом режиме пушица и *Sp. fuscum* образуют виды торфа с различными величинами степени разложения. Следовательно, климат и гидрологический режим не определяют степень разложения этих двух видов торфа.

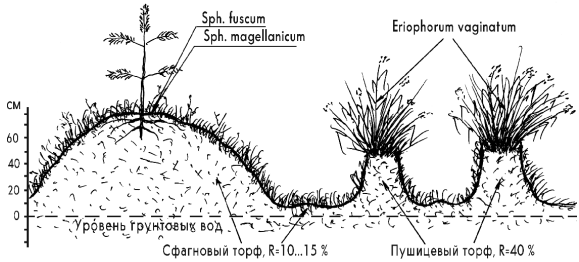


Рис. 3. Особенности гидрологического режима местообитаний сфагновых мхов и пушицы

Факт 5. По данным И.И. Лиштвана, Н.Т. Короля [2], степень разложения торфа приурочена к его ботаническому составу, а именно: моховые торфа, как правило, имеют низкую степень разложения, чаще всего 10–20 %, древесные, тростниковые и пушицевые, как правило, имеют высокую степень разложения, чаще всего 40–50 %, что доказано статистически достоверными экспериментальными данными. Если бы действительно главным препятствием для формирования торфа с высокой степенью разложения были высокие уровни грунтовых вод, то вполне логично было бы ожидать, что после осушения торфяных залежей степень разложения торфа в осушенных слоях должна возрастать, так как после осушения в торфяных почвах создаются благоприятные водно-воздушный и тепловой режимы для жизнедеятельности аэробных микроорганизмов. Поэтому происходит интенсивное микробиологическое разложение органического вещества [7]. В действительности этого не происходит. Например, у мелиорированных торфяных почв в пахотных и подпахотных слоях степень разложения не возрастает выше 20 % у моховых и выше 30 % у осоковых видов торфа (рис. 4). Даже в результате очень длительного сельскохозяйственного использования, например, в течение 100–250 лет, степень разложения торфа во многих осушенных торфяных почвах продолжает оставаться стабильно низкой [24-26].

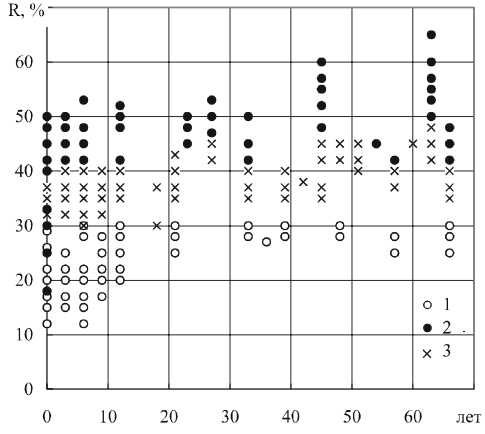


Рис. 4. Изменение степени разложения торфа (R, %) в пахотном слое осушенных торфяных почв Беларуси во времени: 1 – моховые, осоковые и осоково-моховые виды торфа; 2 – тростниковый, древесные и древесно-тростниковые виды торфа; 3 – виды торфа смешанного ботанического состава.

Факт 6. Отложения торфа со степенью разложения 5-50 % встречаются как в условиях холодного климата Скандинавии, северной тундры России и Канады, так и в условиях субтропического и тропического климата, например, в Аджарии, во Вьетнаме, Индонезии или Малайзии [10, 13–20, 24, 25,]. Из этих публикаций следует, что в самых разных климатических условиях встречается торф как с высокой, так и с низкой степенью разложения. Следовательно, различиями климатических условий невозможно объяснить разную величину степени разложения торфа.

Факт 7. Прирост торфяного слоя в зоне умеренного климата обычно составляет 0.3–1.2 мм в год [19]. При глубине торфогенного слоя от 20 до 50 см продолжительность пребывания отмерших болотных растений в нем может составить многие сотни лет. В течение столь длительного времени под влиянием многократно изменяющихся климатических и гидрологических условий в торфогенном слое неизбежно и многократно бывают периоды с водно-воздушным режимом, обеспечивающем благоприятные условия увлажнения и аэрации для протекания биохимических и абиотических процессов разложения и гумификации всех видов отмерших растений-торфообразователей независимо от их ботанического и химического состава. Как известно, при благоприятных условиях отмершие растения лесов и лугов на суходольных почвах практически полностью разлагаются в течение 5-10 лет. В торфогенном слое обычно около 5–16 % органического вещества исходных растений превращается в торф, а остальное разлагается до конечных продуктов минерализации – углекислого газа, воды, аммиака. Поэтому вполне естественно, что в торфогенном слое в течение многих сотен лет периодически возникают благоприятные гидротермические условия для глубокого биохимического разложения каждого отмершего растения. Однако этот факт противоречит положениям гидротермической гипотезы.

Таким образом, широко распространенные и вошедшие в учебники гидротермическая гипотеза и теория торфогенного слоя увязывают процессы формирования и накопления торфа с гидрологическим и температурным режимами болот вне связи с ботаническим и химическим составами разлагающегося органического вещества. В совокупности гидротермическая гипотеза и теория торфогенного слоя удовлетворительно объясняют причины и общие механизмы образования и накопления торфа, а также место локализации процесса торфообразования в торфяной залежи, однако они не объясняют, почему торф имеет разные величины степени разложения и почему степень разложения приурочена к ботаническому составу торфа. Гидротермическая гипотеза находится в противоречии со многими общеизвестными фактами произрастания и разложения растений в болотной среде, а также со стратиграфией торфяных залежей и их эволюцией в голоцене

Температурный и гидрологический режимы болот, будучи определяющими факторами торфообразования, не могут быть причиной различной степени разложения торфа вследствие длительности пребывания отмерших растений в торфогенном слое при периодически изменяющихся условиях аэрации, увлажнения и температуры. Вполне очевидно, что причину разной степени разложения торфа следует искать среди других, не гидротермических факторов торфообразования.

Литература

1. Лиштван И. И. Проблемы рационального использования и охраны торфяных ресурсов. Минск, 1985. 22 с. **2.** Лиштван И.И., Король Н.Т. Основные свойства торфа и методы их определения. Минск, 1975. 318 с. **3.** Никифоров В.А. Разведка торфяных месторождений. Минск, 1970. 328 с. **4.** Доктуровский В.С. Торфяные болота. М.–Л., 1935. 224 с. **5.** Стадников Г.Л. Химия торфа. М., 180 с. **6.** Потонье Г. Происхождение каменного угля и других каустобиолитов. М.–Л., 1934. **7.** Бамбалов Н.Н. Баланс органического вещества и методы его определения. Минск, 1984. 175 с. **8.** Герасимов Д.А. Торф, его происхождение, залегание и распространение. М.–Л., 1932. **9.** Скрынникова И.Н. Почвенные процессы в осушенных торфяных почвах. М., 1961. 246 с. **10.** Sake Van Der Schaaf. The influence of surface slope, acrotelm depth and drainage on groundwater level fluctuations at Raheenmore Bog, Ireland // Gunneria 70. Trondheim. 1995. P. 97–115. **11.** Бегак Д.А., Беликова Н.М. Количество и распределение микроорганизмов в верховых торфяниках // Тр. НИИ торф. Ин-та, 1934. Вып. 14. С. 44-79. **12.** Курбатов И.М. Химическое исследование торфогенного слоя. // Тр. НИИ торф. Ин-та, 1934. Вып. 14. С. 79–120. **13.** Стадников Г.Л. Происхождение углей и нефти. М., 1937. 611 с. **14.** Тюремнов С.Н. Торфяные месторождения. М., 1940. 371 с. **15.** Тюремнов С.Н. Торфяные месторождения и их разведка. М., 1976. 487 с. **16.** Болота Европейского Севера СССР / Научн. ред. В. Д. Лопатин. Петрозаводск, 1980. 238 с. **17.** Кац Н.Я. Болота земного шара. М., 295 с. **18.** Раковский В.Е. Химическая сущность процессов диагенеза торфа // Органическое вещество современных и ископаемых осадков. М., 1970. С. 120–142. **19.** Global peat resources. Edited by E. Lappalainen. Jyska, Finland. 1996. 360 p. **20.** Tropical peat resources – prospects and potential // Proc. of the Symp. of Commission I–III. Kingston, Jamaica, 1985. 320 c. **21.** Беленький С.Г. Закономерности формирования торфяных месторождений верхового типа как сырьевых баз для комплексной переработки торфа: Автореф. дисс. …канд. техн. наук. Минск, 1987. 22 с. **22.** Пидопличко А.П. Торфяные месторождения Белоруссии. Минск, 1961. 192 с. **23.** Пидопличко А.П., Дубовец А.Г., Беленький С.Г. Успехи изучения торфяных и сапропелевых месторождений за последние 30 лет // Генезис и динамика болот. Минск, 1978. Вып. 1. С.149-157. **24.** Okruszko H., Kazakiewich A. Humifikacja i mineralizacja jako elementy skladowane procesu mursczenia gleb torfowych // Zeszyty problemove nauk rolnizych. 1973. № 146. S. 63-70. **25.** Piascik H. Changes of morphological and physical properties of peat due to deep drainage // Proc. Of the 5th International Peat Congress. Poznan. 1976. V. 1. P. 304-314. **26.** Бамбалов Н.Н. Основные выводы, вытекающие из многолетнего опыта использования торфяников в качестве почв в ПНР и ГДР // Эволюция торфяных почв под влиянием осушительной мелиорации и ее последствия. Минск, 1983. С. 53–56.

Analysis of hydro-thermal hypothesis of organic material decomposition

N.N. Bambalov

Temperature and hydrological regimes, being determining factors of peat formation, can not be the reason of different values of peat degree of decomposition because of long-term presence of dead plants in acrotelm layer under periodically changed conditions of aeration, moistening and temperature. Widely spread and included into textbooks hydro-termal hypothesis contradicts many well known facts of the grows and decomposition of plants in mire medium, as well as stratigraphy of peat deposits and their evolution in holocene. Hydro-termal hypothesis explains only the reason of peat formation, but it does not explain, why peat possess by different degree of decomposition. It is obviously that the reason of different values of peat degree of decomposition locates among other, not hydro-termal factors of peat formation.

ЭЛЕМЕНТЫ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ В ПРИЛОЖЕНИИ К ПРОБЛЕМАМ БОЛОТОВЕДЕНИЯ

М.В. Глаголев

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

В работе обсуждаются некоторые методы математического моделирования, использовавшиеся при решении тех или иных задач болотоведения. Среди этих методов: аппарат дифференциальных уравнений (как обыкновенных, так и в частных производных), цепей Маркова.

Введение

Согласно С.Э. Вомперскому с соавт., Россия обладает одним из самых больших в мире ресурсов водно-болотных угодий (ВБУ). Площадь болот и заболоченных земель оценивается в 369 млн. га, что составляет 21.6 % территории страны [1]. На протяжении долгой истории человечества люди постоянно изменяли среду своего обитания, от которой все мы продолжаем зависеть. Обычно изменение вносят для того, чтобы улучшить среду, т.е. сделать жизненно важные районы богаче пищей, водой, минеральными ресурсами и др., а также обезопасить их. В прошлом представление о прогрессе, как правило, основывалось на интуиции, и всякий раз прогресс достигался лишь ценой болезненных ошибок, приводивших к бесполезной трате природных ресурсов [2]. Технические, экологические, экономические и иные системы, изучаемые современной наукой, больше не поддаются исследованию (в нужной полноте и точности) обычными методами. Прямой натурный эксперимент над ними долог, дорог, либо опасен, так как многие из этих систем существуют в единственном экземпляре. Цена ошибок и просчетов в обращении с ними недопустимо высока [3]. Столкнувшись с последствиями прошлых ошибок, мы стали более аккуратно и обоснованно подходить к решению вопросов развития и управления окружающей средой. В развитых странах одна сторона такого подхода проявилась в использовании различных методов оценки воздействия на окружающую среду в качестве руководства при создании новых проектов развития и управления [2]. Поэтому математическое моделирование является неизбежной составляющей научно-технического прогресса. Невозможно представить себе современную науку без широкого применения математического моделирования. Сущность этой методологии состоит в замене исходного объекта его “образом” - математической моделью – и дальнейшем изучении модели с помощью реализуемых на компьютерах вычислительно-логических алгоритмов [3].

В данной работе будут рассмотрены некоторые классы моделей, которые использовались при решении задач болотоведения.

Аппарат обыкновенных дифференциальных уравнений

Математические модели большинства научных и инженерных задач представляют собой системы дифференциальных уравнений [4]. Большинство законов природы можно сформулировать на языке уравнений с частными производными (УЧП). Производные появляются в уравнениях потому, что они описывают важнейшие

физические величины (такие, как скорость, поток и т.д.). При некоторых упрощающих предположениях эти уравнения сводятся к обыкновенным дифференциальным [5]. Нет универсальной методики вывода дифференциальных уравнений динамики переменных состояния. Тем не менее, в практике моделирования уже накоплен определенный опыт в этой области. Важным методическим приемом составления уравнений динамики является применение балансовых соотношений, выражающих законы сохранения [6]. Общий вид получаемых при этом моделей дан в [7], где они названы "бюджетными" (в зарубежной литературе подобные модели назывались моделями Фолленвайдера, Диллона или Ларсена-Мерсье, хотя, на наш взгляд, названия эти широкого распространения не получили и не закрепились):

$$dM/dt = \sum_i p_i - \sum_j m_j, \qquad (1)$$

где M – общее количество вещества, p_i – скорости поступления его из различных источников; m_j – скорости выноса (так называемые стоки). Теперь становится очевидным, что модель Clymo – это бюджетная модель, которую удобно записать с помощью дифференциального уравнения (именно так она и дана в первоисточнике). Ведь скорость изменения всей массы торфа V_M по физическому смыслу – это отношение изменения массы торфа ΔM за какой-то промежуток времени Δt к этому промежутку: ΔM/Δt. Если взять бесконечно малый промежуток времени и разделить на него бесконечно малый прирост торфа, то получим производную: отношение бесконечно малого приращения функции (масса торфа – это функция времени) к бесконечно малому приращению аргумента! Итак, V_M=dM/dt. в данном случае у нас будет только один источник торфа – его прирост со скоростью p. Сток тоже один – разложение торфа со скоростью m. Собственно говоря, искусство построения бюджетных моделей сводится к умению записывать скорости тех или иных процессов. Какова будет скорость разложения торфа? Рассмотрим простейший случай: пусть у нас имеется M кг торфа, через какой-то промежуток времени некоторое его количество, которое мы обозначим ΔM, разложится. Если у нас было бы в два раза больше торфа, то и разложившееся его количество за тот же промежуток времени тоже было бы в два раза больше. Т.е., в первом приближении скорость разложения пропорциональна массе торфа – чем больше было торфа, тем больше его разложится (конечно, в абсолютных единицах, например, в кг, но не в относительных единицах, т.е. не в %). Это количество ΔM можно представить, как некоторую долю a от M. Запишем математически утверждение "скорость разложения пропорциональна массе торфа":

$$m = \alpha \cdot M.$$

Таким образом, дифференциальное уравнение Clymo, описывающее рост болота, имеет вид:

$$dM/dt = p - \alpha \cdot M,$$

впрочем, существующие сегодня пакеты прикладных программ, типа MATLAB, автоматически решающие подобные уравнения, не требуют от пользователя понимания того, что такое производная. Нужно только уметь записывать балансовые модели в виде (1), дальше машина все сделает сама (рассчитает переменные состояния для каждого момента времени, построит график изменения переменных состояния с течением времени).

Уравнения в частных производных

Дальнейшее развитие моделей бюджетного типа включает предположения о пространственной неоднородности и описание процессов массообмена [7] или теплообмена. При этом в наиболее общем смысле структура уравнений останется той же самой, просто среди источников или стоков появятся такие члены, которые будут описывать массоперенос или перенос тепла. Действительно, что означает наличие массопереноса из точки А в точку В? С формальной точки зрения, в А появляется дополнительный сток (количество вещества в этой точке уменьшается, за счет уноса в точку В), а в точке В – дополнительный источник (количество вещества здесь увеличивается, за счет привноса из точки А). Надо различать процессы переноса двух типов. Первый из них – перенос путем движения среды, обладающей конечной макроскопической скоростью. Это трансляционный (или конвективный) перенос. Второй тип процессов переноса – перенос в отсутствии видимого движения. Это так называемый молекулярный или, лучше говорить, внутренний перенос (термин “молекулярный” не очень удачен: “молекулярные” потоки далеко не всегда обусловлены движением именно молекул). Нетрансляционный перенос массы компонентов – это диффузия, перенос тепла – “молекулярная” теплопроводность [8].

С математической точки зрения необходимость описания массопереноса приводит нас к использованию аппарата уравнений в частных производных, поскольку скорости убыли/прибыли вещества за счет уноса/привноса пропорциональны пространственным производным (первой производной - для трансляционного переноса и второй – для внутреннего). Таким образом, кроме производной по времени мы имеем производную по пространству, а раз обе они входят в одно и то же уравнение, то это – уравнение с частными производными.

Марковские модели

Теперь мы рассмотрим один класс моделей, которые также применяются в болотоведении (как будет видно из приведенного ниже примера), но совершенно отличаются от рассмотренных выше бюджетных моделей. Речь пойдет о так называемых марковских моделях.

Основной конструкцией в этих моделях служит матрица, элементы которой равны вероятностям перехода из одного состояния в другое за определенные промежутки времени. Суммы вероятностей по каждой строке равны единице [3].

Марковская модель 1-го порядка – это модель, в которой будущее развитие системы определяется ее текущим состоянием и не зависит от того, каким путем система пришла в это состояние. Последовательность результатов, получаемых из такой модели, часто называют марковской цепью. Применение этой модели к практическим ситуациям требует выполнения трех основных условий [9]:

1) система должна допускать классификацию на конечное число состояний;

2) переходы должны происходить в дискретные моменты времени, правда, эти моменты могут быть достаточно близкими, чтобы для моделируемой системы время можно было считать непрерывным;

3) вероятности не должны меняться со временем.

Ценою возрастания математической сложности модели возможны некоторые модификации этих условий. Иногда используют вероятности, зависящие от времени, и непостоянные промежутки времени между переходами, а в марковских моделях более высокого порядка вероятности перехода зависят не только от текущего состояния, но и от одного или нескольких предшествующих [9]. Рассмотрим на примере марковские модели 1-го порядка.

На верховых болотах можно наблюдать сукцессионные изменения в результате усиления дренирования. В таблице приведены оценки вероятностей переходов между возможными состояниями за период в двадцать лет. Состояние 1 соответствует наиболее влажной фации, в которой доминирует *Sphagnum*, а также представители сосудистых растений – в основном *Calluna vulgaris, Erica tetralix* и *Eriophorum vaginatum*. Состояние 2 отвечает более сухой фации с ассоциацией *Calluna-Cladonia* и проростками *Betula* и *Pinus sylvestris.* Состояние 3 соответствует более или менее укоренившемуся лесу из *Betula* и *Pinus sylvestris,* причем для более зрелого леса типично сообщество *Vaccinium myrtillus* с гипновыми мхами. Состояние 4 соответствует стадии, на которой более сухие фации спорадически выедаются крупными травоядными, в результате чего закрепляется ассоциация *Molinia-Pteridium* [9]. Как следует интерпретировать таблицу? Взглянем на ее первую строку.

Вероятности перехода между различными состояниями болота

Начальное состояние	**Вероятность перехода в конечное состояние**			
	1. Болото	**2. Calluna**	**3. Лес**	**4. Участок, спорадически выедаемый крупными травоядными**
1. Болото	0.65	0.29	0.06	0.00
2. Calluna	0.30	0.33	0.30	0.07
3. Лес	0.00	0.28	0.69	0.03
4. Участок, спорадически выедаемый крупными травоядными	0.00	0.40	0.20	0.40

Участки, характеризующиеся вначале типичным для болота комплексом растительности, с вероятностью 0.65 остаются по прошествии 20 лет в том же состоянии и с вероятностями 0.29 и 0.06 превращаются, соответственно, в сообщество, где доминирует *Calluna* и в лес [9]. Болото никогда не превращается в участки, спорадически выедаемые крупными травоядными (это утверждение тождественно математически записанному в таблице, которое звучало бы так: “болото с вероятностью 0.00 превращается в участки, спорадически выедаемые крупными травоядными”). Перейдем ко второй строке таблицы.

Участки, на которых вначале доминирует *Calluna*, имеют примерно равные вероятности остаться в том же состоянии, вернуться к болоту из-за флуктуаций уровня грунтовых вод или превратиться в лес; с малой вероятностью (0.07) они превращаются в участки, спорадически выедаемые крупными травоядными [9]. По-видимому, теперь интерпретация таблицы стала совершенно понятна, и мы на этом остановимся, перейдя к вычислительному алгоритму.

Итак, числа, приведенные в таблице, представляют собой вероятности переходов из одних состояний в другие за один временнуй шаг (20 лет). Вероятности переходов за два временных шага можно получить, умножая одношаговую переходную матрицу (P) на себя. В общем случае для n шагов мы можем записать [9]:

$$P^{(n)} = P^{(n-1)}.P.$$

Для нашего примера последовательные степени матрицы (т.е. вероятности переходов за 1, 2, 3, …,∞ шагов, следовательно – за 20, 40, 60, …, ∞ лет) таковы:

$$\begin{bmatrix} 0.65 & 0.29 & 0.06 & 0.00 \\ 0.30 & 0.33 & 0.30 & 0.07 \\ 0.00 & 0.28 & 0.69 & 0.03 \\ 0.00 & 0.40 & 0.20 & 0.40 \end{bmatrix} \rightarrow \begin{bmatrix} 0.51 & 0.30 & 0.17 & 0.02 \\ 0.29 & 0.31 & 0.34 & 0.06 \\ 0.08 & 0.30 & 0.57 & 0.05 \\ 0.12 & 0.35 & 0.34 & 0.19 \end{bmatrix} \rightarrow \begin{bmatrix} 0.42 & 0.30 & 0.24 & 0.03 \\ 0.28 & 0.31 & 0.36 & 0.06 \\ 0.14 & 0.30 & 0.50 & 0.06 \\ 0.18 & 0.32 & 0.38 & 0.11 \end{bmatrix} \rightarrow \ldots \rightarrow \begin{bmatrix} 0.26 & 0.30 & 0.38 & 0.05 \\ 0.26 & 0.30 & 0.38 & 0.05 \\ 0.26 & 0.30 & 0.38 & 0.05 \\ 0.26 & 0.30 & 0.38 & 0.05 \end{bmatrix}$$

Интересно отметить, что после 22 перемножений мы получили матрицу, все строки которой совпадают (с точностью до 4 цифр после запятой) и эта матрица уже не меняется независимо от дальнейшего количества шагов – и через 100, и через 1000, и через бесконечное число шагов она останется такой же.

Эта так называемая регулярная переходная матрица показывает, до какой степени вероятность перехода из одного состояния в другое не зависит от начального состояния [9]. Таким образом, мы получили, что если вероятности переходов оценены правильно и они не меняются, то независимо от того, что в данной точке было изначально (болото, лес, …), через 22·20=440 лет с вероятностью около 26 % здесь будет болото, либо с вероятностью 30 % - более сухая фация с ассоциацией *Calluna-Cladonia*, с вероятностью около 38 % - лес и с вероятностью 5 % - участки, спорадически выедаемые крупными травоядными. Мы говорим “с вероятностью около…” поскольку данные цифры получены путем приближенных вычислений, обусловленных округлением; нетрудно заметить, что сумма всех вероятностей составляет 99 % (если бы вычисления проводились абсолютно точно, то, конечно же, мы получили бы 100 %). Но что еще интересного можно установить с помощью марковских моделей?

Алгебраический анализ переходной матрицы выявляет существование переходных множеств состояний, замкнутых множеств состояний или поглощающих состояний. Экологический смысл этих понятий таков [9]:

1) переходным множеством состояний является множество, каждое состояние которого может в конце концов быть достигнуто из любого другого состояния этого множества, но которое покидается навсегда, если система переходит в замкнутое множество состояний, либо в поглощающее состояние;

2) замкнутое множество состояний отличается от переходного тем, что оно не может быть покинуто, если система перешла в одно из состояний замкнутого множества;

3) поглощающим является состояние, которое, будучи достигнуто, уже не покидается.

Марковские модели можно обобщить на уровни второго и третьего порядков с известной степенью нестационарности и нелинейности, но это значительно ус-

ложняет последующий анализ. Имеются формальные методы проверки существования зависимостей второго и третьего порядков [9]. Однако каков бы ни был порядок модели, принципиальная стохастичность марковской цепи вряд ли будет способствовать ее широкому использованию. Действительно, надо четко отдавать себе отчет, что мы не можем предсказать – во что превратится данная экосистема спустя 20 лет. Мы работаем лишь с вероятностями. Если изучается достаточно большая территория, на которой расположено порядка сотни болот, сотни лесов и т.д., то мы можем, сказать какой процент болот останется болотами, какой – превратится в леса, но мы не можем сказать, конкретно какие болота превратятся в леса. А ведь для многих задач именно это крайне важно. Прежде всего, напомним, что предсказания данной модели будут сбываться только в статистическом смысле, следовательно – при анализе сотен (если не тысяч!) объектов. Но т.к. объекты эти должны занимать какую-то область реального физического пространства на поверхности Земли, то это неизбежно окажется достаточно большая географическая область. Представим, что мы хотим предсказать эволюцию выделения метана со всей этой территории. В ряде исследований (например, [10, 11]) было показано, что с конкретной экосистемой (или состоянием экосистемы при сукцессии) можно связать те или иные потоки метана, сильно различающиеся по величине. Например, в болоте поток будет на порядки больше, чем в лесу (более того, на болоте он может быть положительным, а в лесу отрицательным). Но нельзя просто взять и умножить долю леса, даваемую моделью, на соответствующий поток метана, прибавить долю болот, умноженных на другую величину потока и т.д. для всех состояний. Ведь известно, что эмиссия метана сильно зависит от факторов среды, в частности, очень сильно – от температуры (исследований, где обсуждается этот факт, необычайно много, см., например, [12-14]). Следовательно, если болото окажется на севере области, а лес – на юге, эмиссия метана будет на порядок меньше обратной ситуации – когда лес будет расти севернее, а болото окажется южнее. Но марковская модель может прогнозировать только процент территорий разных типов внутри изучаемой области, а не их точное (или хотя бы приближенное!) географическое расположение.

Литература

1. Девис Д., Клэридж Г. О свойствах водно-болотных угодий // Wetlands International. М., 2000. 64 с. **2.** Холинг К.С. (ред.). Экологические системы. Адаптивная оценка и управление. М., 1981. 399 с. **3.** Самарский А.А., Михайлов А.П. Математическое моделирование: Идеи. Методы. Примеры. М., 1997. 320 с. **4.** Ортега Дж., Пул У. Введение в численные методы решения дифференциальных уравнений. М., 1986. 288 с. **5.** Фарлоу С. Уравнения с частными производными для научных работников и инженеров. М., 1985. 384 с. **6.** Гильманов Т.Г. Математическое моделирование биогеохимических циклов в травяных экосистемах. М., 1978. 169 с. **7.** Смирнов Н.А. Моделирование процессов эвтрофикации // Федоров В.Д. (ред.) // Человек и биосфера. М., 1982. Вып. 6. С. 42-60. **8.** Филиппов Л.П. Явления переноса. М., 1986. 120 с. **9.** Джефферс Дж. Введение в системный анализ: применение в экологии. М., 1981. 256 с. **10.** Tamura M., Tohjima Y., Yasuoka Y. Analysis of a SPOT satellite image at Plotnikovo in western Siberian wetlands // Proceedings of the Third Symposium on the Joint Siberian Permafrost Studies between Japan and Russia in 1994. Sapporo, 1995. P. 125-128. **11.** Takeuchi W., Tamura M., Yasuoka Y. Estimation of methane emission from West Siberian wetland by scaling technique

between NOAA AVHRR and SPOT HRV // Remote Sensing of Environment. 2003. V. 85. P. 21-29. **12.** Cao M., Marshall S., Gregson K. Global carbon exchange and methane emissions from natural wetlands: Application of a process-based model // Journal of Geophysical Research. 1996. V. 101. P. 14399-14414. **13.** Bartlett K.B., Crill P.M., Sass R.L., Harriss R.C., Dise N.B. Methane Emissions From Tundra Environments in the Yukon-Kuskokwim Delta, Alaska // Journal of Geophysical Research. 1992. V. 97. P. 16645-16660. **14.** Глаголев М.В. Элементы количественной теории процессов образования и потребления метана в почве // Материалы Третьей Научной Школы "Болота и биосфера". Томск, 2004. С. 39-52.

Principles of the mathematical modelling (in application to the problems of the wetland ecology)

M.V. Glagolev

Several methods of the mathematical modelling (which were applied to the problems of the wetland ecology) are discussed in this paper. This methods are: ordinary differential equations, differential equations with partial derivatives, Markov's models.

МИКРОБНЫЙ ЦЕНОЗ И АНТИМИКРОБНЫЕ СВОЙСТВА САПРОПЕЛЕВЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ОЗЕР СИБИРСКОГО РЕГИОНА

Т.М. Тронова, М.Г. Фисенко

НИИ курортологии и физиотерапии ФА ЗСР РФ, г. Томск,
prim@ niikf.tomsk.ru

Рассматриваются вопросы комплексного изучения химико-микробиологического состава и антимикробных свойств сапропелевых отложений озёр Сибири. Показана роль микрофлоры в формировании биологической активности и ценности сапропелевых грязей.

На территории Сибирского региона располагается значительное количество пресноводных сапропелевых озёр различных типов, представляющих интерес в качестве биологически активных грязей в санаторно-курортном использовании, как сырьё для получения концентратов и как объекты рекреации.

Сапропель – это донные отложения пресноводных водоёмов, образующиеся в результате разложения отмершей водной растительности, остатков живых организмов и сносимых водой почвогрунтовых частиц без доступа кислорода, а также активной деятельности микробных ценозов. Сапропель является уникальным природным органическим сырьём. Химический состав и особенности свойств сапропеля различных месторождений существенно различаются и определяются условиями его формирования, а также разнообразием растительного и животного мира озёр. В сапропелях выделяют три главные составляющие: вода (от 60 до 97 %), зольная часть (песок, глина, карбонаты, фосфаты, кремнезём, соединения железа и др.) и органическое вещество сложного и неоднородного состава (не менее 15 %). По сравнению с торфами, органическое вещество сапропелей отличается более

высоким содержанием легкогидролизуемых веществ, включающих гемицеллюлозу, азотсодержащие соединения, аминокислоты, вещества углеводно-белкового комплекса. Основными фракциями органических веществ сапропелей являются гуминовые вещества, являющиеся продуктами преобразования растительных, животных и микробных остатков. Содержание гуминовых веществ варьирует в широких пределах – от 7 до 90 % в различных типах сапропелей. Гуминовые вещества более чем на 50 % состоят из гуминовых кислот, играющих значительную роль в миграции и накоплении многих макро- и микроэлементов и влияющих на биологическую активность и биохимическую устойчивость сапропелей [1, 2].

Величина зольного остатка составляет от 4 до 85 %. В донных отложениях присутствует кремний, соли кальция, магния, железо, фосфор, сера. В сапропелевых отложениях озёр обнаружены многие микроэлементы: Mn, Cu, V, Cr, Ba, Sr, Be, Ni, Co, Ag, Mo, Ca, Zn, Pb и др. Микроэлементы, связываясь с растворёнными фракциями гуминовых веществ, образуют активный комплекс. При этом, в органических сапропелях преобладают гуматы меди, в карбонатных и смешанных – её фульваты [3].

Особенностью сапропелей является их чрезвычайная биологическая активность, выражающаяся богатым микробным ценозом, витаминами групп B, E, C, P, ферментами, антибиотиками, каротиноидами и другими биологически активными веществами. Сапропели относятся к природным биополимерам и являются ценным природным сырьём для промышленности, медицины (грязелечение), косметологии, сельского хозяйства (кормовые добавки, удобрения и т.д.).

На современном этапе существования пресных водоёмов микрофлора играет ведущую роль в формировании донных отложений сапропелей. Взаимодействие фито-, зоо-, микробоценозных сообществ поддерживает физико-химические свойства донных отложений, определяя направленность биохимических процессов, цикличность круговоротов основных биогенных элементов [4].

Состав микрофлоры и напряжённость микробиологических процессов круговорота азота, углерода, серы, железа, фосфора в пелоидах тесно связан с комплексом абиотических факторов, таких как температура, концентрация растворённого кислорода, окислительно-восстановительные условия среды, минерализация, наличие органических и минеральных соединений, скорость поступления биогенных элементов [5]. Благодаря комплексу оптимальных факторов – специфической структуре, высокой влажности, слабощелочной или нейтральной реакции среды, наличию питательного субстрата, температурному и газовому равновесию - в донных отложениях озёр сосредоточена максимальная плотность микроорганизмов [6].

К микроорганизмам, разлагающим органический азот, относятся аэробные бактерии, грибы, актиномицеты, а также факультативные и облигатные анаэробные бактерии. Они осуществляют процессы аммонификации и нитрификации. При анаэробном распаде азотсодержащих органических веществ аммонификаторами в качестве конечных продуктов образуются аммиак, углекислота, органические кислоты, сероводород и другие. В плотном слое донных отложений протекает микробная денитрификация, идет восстановление нитритов и нитратов до свободного азота.

Активно минерализируют растительные остатки клетчаткоразрушающие бактерии и актиномицеты, обладающие высокой протеолитической активностью. Помимо клетчатки субстратом для них может служить крахмал, гликоген, малеиновая кислота и ряд гликозидов. Значительную часть биологического круговорота углерода составляют процессы синтеза и деструкции органического вещества микроорганизмами, которые играют роль связующих звеньев между циклами серы, азота, железа, фосфора и других составных элементов физиологических соединений в донных отложениях. Углерод попадает в водоем с поверхностными стоками и за счет развития автохтонной микрофлоры. Основная его масса в виде детрита подвергается глубокой деструкции в донных отложениях специализированными «бродильщиками», обладающими высокой ферментативной активностью.

Микробиологический круговорот серы в грязях состоит из двух процессов: восстановления окислов серы до сероводорода и окисление его до промежуточных соединений (элементарной серы, сульфатов и других). Привнос этого элемента в водоем осуществляется с поверхностными стоками и подпитывающими водоем источниками. Сульфатредукторы и гнилостные гетеротрофы разрушают серосодержащие аминокислоты и сульфаты, выделяя в среду сероводород, который окисляется тионовыми бактериями. Образование сероводорода в пресноводных водоемах происходит главным образом в донных отложениях, при жестком анаэробиозе.

Таким образом, основная геохимическая деятельность автохтонной микрофлоры пресноводных озёр заключается в минерализации растворённого органического вещества и утилизации продуктов выделения водорослей, первичных метаболитов гидробионтов. В этих процессах принимают участие с одной стороны, зоопланктон: коловратки, членистоногие, ракообразные, дафнии, циклопы и с другой стороны – микробы, главным образом бактерии, плесневые грибки и актиномицеты.

Биологическая активность сапропелевых отложений, в частности микробных ценозов тесно связана с протеканием ферментативных процессов. В сапропелях озёр Сибирского региона активны ферменты оксидоредуктаз: каталазы, полифенолоксидазы, пероксидазы, дегидрогеназы, катализирующие окислительно-восстановительные реакции, трансформацию фенольных соединений с образованием гуминовых веществ, и гидролазы: протеазы, участвующие в проявлении бактерицидных свойств грязей [7, 8].

Активность микрофлоры и ферментативных процессов предполагает проявление антимикробных свойств грязей в отношении условно-патогенных микроорганизмов. Выраженность антимикробной активности сапропелевых грязей не только повышает их биологическую значимость, но и позволяет рационально использовать их во внекурортной практике и ветеринарии при получении и хранении лечебных концентратов и пищевых добавок. В механизме антимикробного действия в отношении патогенной и условно-патогенной групп микроорганизмов решающее значение играют органические вещества и антагонистические свойства собственной сапрофитной микрофлоры. К микробам-антагонистам относятся плесневые грибки, сапрофитная спороносная микрофлора P. Bacillus, Bac. Mesentericus и др., денитрифицирующие бактерии, актиномицеты, дрожжи. Микробы – антагонисты продуцируют в процессе своей жизнедеятельности вещества антибиоти-

ческой природы, губительно действующие на таких представителей патогенной микрофлоры, как Esherihia Coli; Staphylococcus albus, Staphylococcus aureus, энтерококки, протей и др.

Сотрудниками НИИ курортологии и физиотерапии на протяжении многих лет исследовались сапропелевые отложения озер Карасёвое и Кирек Томской области [9]. В 2001 году исследовались озера Кивабо, Мурумо, Ефимково, Оскобское на территории Эвенкийского автономного округа.

Методика исследований

Комплексные исследования сапропелевых отложений включали зондировочное бурение грязевой залежи буром марки ТБГ-1. Исследования проведены по схемам полного физико-химического и санитарно-микробиологического анализов [10]. При проведении физико-химических анализов сапропелей использовались весовой, титриметрический, фотоколометрический, потенциометрический методы, изложенные в [11]. Микробиологические исследования проведены методом предельных разведений и селективных сред [12]. Определение антимикробных свойств сапропелей проводилось по унифицированному методу антимикробного эффекта в отношении условно-патогенных штаммов тест-культур [13]. Результаты оценивали по диаметру стерильной зоны лизиса, выраженной в отношении доз ЕД пенициллина [14].

Результаты исследований

Озеро Карасёвое Томкой области расположено в 27 км от д. Чажемто Колпашевского района. Озеро старичного типа площадью 7.83 км^2. Высота столба воды от 1.5 до 4.0 м. В последние годы отмечается резкое обмеление озера на участках с разными глубинами. Донные отложения представлены органическим (торфосапропель) и карбонатным типами сапропелей, которые имеют послойное расположение. Запасы сапропелей по данным АО «Сапропэк» (1992) составляют 8652 тыс. м^3. Сапропели озера Карасёвое являются лечебной базой санатория «Чажемто».

Озеро Кирек Томской области расположено в 70 км на юго-запад от г. Томска. Площадь озера составляет 0.49 км^2, максимальная глубина толщи воды достигает 7 м, средняя глубина – 2.7 м. На всей площади водоёма отмечено обильное развитие водной растительности: рдест, роголистник, хоровые водоросли, уруть. Донные отложения озера Кирек представлены двумя видами сапропелей: в центральной зоне – однородным органическим сапропелем, в западной и северной – карбонатным, в южной и юго-восточной - послойно залегают карбонатные, органические и торфосапропели. Геологические запасы сапропелей озера Кирек составляют 2243 тыс. м^3. В 2000 г. выдана лицензия ОАО «Синий утёс» на разработку лечебных сапропелей в юго-восточной части озера и на добычу сапропеля НИИ курортологии и физиотерапии.

В 2001 г. было проведено ревизионное обследование озёр Тунгусско-Чунского района ЭАО для целей возможного лечебного использования и рекреации вблизи района падения Тунгусского метеорита (Государственный заповедник «Тунгусский»). Донные отложения озер Кивабо, Мурумо, Ефимково, Оскобское согласно [15] отно-

Таблица 1

Физико-химические показатели донных отложений пресноводных озер Сибири

Объекты / Показатели	Карасёвое		Кирек		Кивабо	Мурумо	Ефимково	Оскобское
	Карбонатный	Торфо-сапропель	Органо-железистый	Карбонатный	Органический	Органический	Органический	Органический
Влажность, %	91.2	92.8	92.2	72.0	89.8	83.0	73.0	77.2
pH грязи	7.04	6.8	7.7	7.9	7.4	6.7	7.05	6.4
Зольность, %	40.6	17.9	43.8	57.7	56.8	62.9	71.5	64.2
Содержание органических веществ ($C_{орг}$), %	34.0	79.9	51.0	26.1	43.2	37.1	28.4	22.9
Формула грязевого раствора	M 0.44-0.47 HCO_3 58 SO_4 27 Cl 15 / Ca 41 Mg 34 (Na+K) 25		M 0.56 HCO_3 96 Cl 4 / Ca 59 (Na+K) 27 Mg 14		M 0.3 SO_4 79 HCO_3 21 / Mg 50 Ca 40	M 0.1 SO_4 78 HCO_3 22 / (Na+K) 51 Ca 33 Mg 16	M 0.7 SO_4 96 / (Na+R) 88	M 0.7 SO_4 96 HCO_3 4 / Ca 61 (Na+K) 39

Таблица 2

Микрофлора исследуемых сапропелевых отложений озёр Сибири

Физиологические группы микроорганизмов, микробные кл./г	**Озеро Карасёвое**		**Озеро Кирек**		**Озеро Кивабо**	**Озеро Мурумо**	**Озеро Ефимково**	**Озеро Оскобское**
	Карбонатный	Торфо-сапропели	Органо-железистый	Карбонатный	Органический	Органический	Органический	Органический
Аммонифицирующие	10^3	10^4	10^4	10^3	10^4	10^5	10^4	10^5
Нитрифицирующие	10	10	10	10	1.0	10^2	10	1.0
Денитрифицирующие	10^3	10^5	10^4	10^4	10^6	10^7	10^6	10^7
Микобактерии	10^2	10^3	10^2	10^2	10^3	10^3	10^5	10^5
Бактерии масляно-кислого брожения	10^2	10^3	10^4	10^3	10^3	10^3	10^3	10^5
Гуминразрушающие	1.0	10	10^2	10^2	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.
Клетчаткоразрушающие	10	10	10^2	10	1.0	10	1.0	10
Сульфатредуцирующие	1.0	1.0	не обн.	не обн.	1.0	10	10	1.0
Тионовые	не обн.	1.0	1.0	не обн.	не обн.	1.0	не обн.	не обн.
Железобактерии	10^2	10^3	10^2	1.0	10	10	10	10^2
Плесневые грибки	10	10^2	10^2	10^2	76	не обн.	10^2	не обн.
Сапрофиты на МПА	190000	520000	500000	300000	300000	64000	22000	30000

сятся к группе органических пресноводных бессульфидных сапропелей. Физико-химическая характеристика исследуемых сапропелей представлена в таблице 1.

Биологическая активность исследуемых сапропелевых грязей определялась составом микробного ценоза, напряжённостью микробиологических процессов основных биогенных элементов (N, C, S, Fe) и определением антимикробных свойств грязей в отношении условно-патогенной микрофлоры.

Полученные нами данные подтверждают литературные сведения о качественном содержании микрофлоры в сапропелевых озёрах различных типов и её биохимической роли. Результаты микробиологических исследований представлены в таблице 2.

В исследованных сапропелях доминирующими морфологическими формами являются бактерии, как аэробы, так и анаэробы, относящиеся к физиологическим группам, перерабатывающим азотистые соединения: аммонификаторы, денитрификаторы, в меньшей степени - нитрификаторы. Круговорот углерода представлен микобактериями сапрофитных форм, гуминразрушающими, клетчаткоразрушающими бактериями, бактериями маслянокислого брожения, сапрофитными гетеротрофами, плесневыми грибками, что типично для органических водоёмов эвтрофного типа. Физиологические группы бактерий, разлагающие соединения серы и железа, в данных озёрах развиты недостаточно. Слабое развитие или отсутствие сульфатредуцирующих, тионовых и железобактерий характерно для бессульфидных сапропелей.

Концентрация микроорганизмов, участвующих в круговороте веществ, наглядно представлена процентным отношением в сапропеле оз. Кирек: аммонифицирующие до 20 %, денитрифицирующие – до 25 % микробного ценоза, микобактерии до 8 %, гуминразрушающие и клетчаткоразрушающие до 6 % каждые, плесневые грибки до 6 %. Сульфатредуцирующие, тионовые и железобактерии совместно составляют 29 %.

Несмотря на сходство качественного состава микроорганизмов разнообразных физиологических групп, количественный состав различим не только для отдельных водоёмов, но и для разных видов сапропелей из одного озера (табл. 2). Это связано со спецификой внутренних условий среды и индивидуальности гидробиоценозов.

Таким образом, показано, что сапропелевые отложения исследуемых озёр Сибири обладают значительным микробным ценозом, способствующим формированию биологически активных органических грязей и образованию продуцентов биологически активных веществ.

Определение антимикробной активности проведено в образцах сапропелей, отобранных летом, в период максимальной биологической активности [16]. Как показали результаты исследований, в отношении золотистого и белого стафилококков наибольший эффект проявился органно-железистым и карбонатным сапропелем озера Кирек; в отношении кишечной палочки – торфосапропелем озера Карасёвое. Антимикробное действие на протей для всех образцов пелоидов оказалось примерно равным. Озёра Эвенкии исследовались на присутствие антимикробного эффекта на стафилококк золотистый и кишечную палочку. Наибольший эффект наблюдался у сапропелей озера Мурумо на кокковую микрофлору и сапропелей озёр Кивабо и Ефимково на колиформные микроорганизмы.

Таким образом, биохимический подход оценки качества сапропелей различных типов позволяет расширить возможности рационального природопользования сапропелей при получении биологически ценных композитов и препаратов на основе естественных грязей в медицине [17], ветеринарии, в пищевых добавках, органических удобрениях, а также при решении вопросов выделения санаторно-курортных и рекреационных зон в Сибири.

Литература

1. Лопотко М.З., Евдокимова Г.А. Сапропели и продукты на их основе. Минск, 1986. 191 с. **2.** Волкова Н.А., Дацун Л.Б. О биологической активности компонентов сапропеля // Проблемы использования сапропелей в народном хозяйстве. Минск, 1981. С. 32-34. **3.** Лопотко М.З. Озёра и сапропель. Минск, 1978. 87 с. **4.** Кузнецов С.И. Микрофлора озёр и её геохимическая деятельность. Ленинград, 1970. 440 с. **5.** Горленко В.М., Дубинина Г.А., Кузнецов С.И. Экология водных микроорганизмов. М., 1977. 228 с. **6.** Овсянникова К.А., Бахман В.И. Об изучении органических веществ лечебных грязей // Лечебные грязи СССР. М., 1971. С. 7-13. **7.** Лукомская К.А. Микробиология с основами вирусологии. М., 1987. 191 с. **8.** Сидоренко Г.Н. Ферментативная активность сапропелей различных типов некоторых регионов Сибири // Курортные ресурсы Сибири и Д. Востока, их рациональное использования. Томск, 1991. С. 118-122. **9.** Килина Е.С., Тронова Т.М., Клопотова Н.Г. Биологическая активность лечебных сапропелевых грязей Сибири // Вопросы курортологии, физиотерапии и ЛФК. 1997. № 2. С. 23-25. **10.** Критерии оценки качества лечебных грязей при их разведке, использовании и охране. Методические указания 10-11/40-1987 МЗ СССР / Сост. Михеева Л.С., Требухов Я.А. М., 1987. 23 с. **11.** Бахман В.И. Методы анализа лечебной грязи. М., 1965. 140 с. **12.** Родина А.Г. Методы водной микробиологии. Практическое руководство. М.-Л., 1965. 164 с. **13.** Применение унифицированных методов определения чувствительности микроорганизмов к химиотерапевтическим препаратам. М., 1975. 28 с. **14.** Методические рекомендации по микробиологическому исследованию минеральных вод. МЗ СССР / Сост. Максимович К.А., Николенко С.И. Одесса, 1984. 22 с. **15.** Классификация минеральных вод и лечебных грязей для целей их сертификации. Методические указания МЗ РФ № 2000/34 / Сост. Адилов В.Б., Бережнов Е.С., Зотова В.И. и др. М., 2000. 75 с. **16.** Оценка качества пелоидов по биохимическим показателям и антимикробной активности. Пособие для врачей МЗ РФ, ТНИИКиФ. / Сост. Джабарова Н.К., Карелина О.А., Тронова Т.М. Томск, 2002. 19 с. **17.** Низкодубова С.В., Медведев М.А. Липиды сапропеля. Томск, 2004. 149 с.

Microbiological structure and antimicrobiological properties of lake sapropels of Siberian Region

T.M. Tronova, M.G. Fisenko

Are considered questions of complex studying of chemistry-microbiological structure and antimicrobic properties of sapropelic adjournment of lakes of Siberia. The role of microflora in formation of biological activity and value of sapropelic dirts is shown.

ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ТОРФА И НАПРАВЛЕНИЯ ЕГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

С.Г. Маслов, В.С. Архипов

Томский политехнический университет, kravtsov@tpu.ru

Рассмотрен химический состав торфов России. Приведены данные по наиболее встречаемым торфам Западной Сибири. Рассмотрены направления использования битумов, углеводного комплекса и гуминовых веществ.

Торф как сложное природное образование отличается многообразием свойств и большой амплитудой их изменения. Причиной многообразия свойств является химически различный исходный материал (растения-торфообразователи) и широкий диапазон изменения условий торфонакопления.

Под химическим составом торфа понимается элементный, групповой и функциональный состав органической массы, а также состав минеральных примесей [1].

Элементный состав органической массы торфа составляют пять элементов: углерод, водород, сера, азот и кислород, иногда определяется фосфор. Элементный состав торфа отражает характер органического вещества при торфообразовании. С увеличением степени разложения торфа в нем растет содержание углерода, водорода, серы, азота и уменьшается количество кислорода. Содержание углерода в органической массе торфа колеблется от 48.0 до 65.1 % (табл. 1). Минимальное содержание отмечено у верхового фускум-торфа низкой степени разложения, максимальное характерно для верхового хорошо разложившегося торфа.

Таблица 1

Элементный состав различных видов торфа

Вид торфа	Элементный состав, % на горючую массу торфа				
	C	H	N	S	O
Верховой тип					
Фускум торф	48.0–59.7	5.1–6.4	0.7–2.7	0.06–0.7	33.5–45.1
Медиум-торф	48.6–61.0	5.4–6.7	0.7–2.8	0.1–0.8	30.2–44.3
Сфагново-мочажинный	50.3–61.3	5.2–6.8	0.6–2.5	0.1–1.1	30.9–42.7
Переходный тип					
Сфагновый	52.7–60.0	5.1–6.5	1.1–2.9	0.1–4.0	30.4–39.5
Древесно-осоковый	57.6–65.1	5.6–6.3	1.6–2.7	0.1–0.4	26.8–34.1
Древесно-травяной	57.2–65.1	5.6–6.4	1.0–2.7	0.1–0.4	26.8–34.8
Низинный тип					
Осоково-сфагновый	52.3–63.4	5.5–6.6	1.2–3.3	0.1–1.1	27.7–40.5
Древесно-сфагновый	56.5–63.6	5.5–6.9	1.4–3.1	0.1–4.3	26.9–35.2
Древесный	55.6–63.3	4.8–6.7	1.2–3.4	0.1–4.0	27.8–36.7

Кислород – второй по величине компонент элементного состава торфа. Его содержание колеблется от 24.7 до 45.2 % органической массы. Кислород имеет обратную связь с содержанием углерода и степенью разложения. Чем больше углерода в торфе и выше его степень разложения, тем меньше в нем кислорода. В соответствии с этим, меньше кислорода содержат древесные, травяные и древесно-травяные виды торфа, больше - моховые виды торфа. Содержание водорода в органической массе колеблется от 4.7 до 7.3 % и возрастает с увеличением степе-

ни разложения. С увеличением количества водорода растет выход летучих веществ, выделяющихся при нагревании торфа без доступа воздуха. Содержание общего азота в органической массе торфа изменяется в довольно значительных пределах. Для верхового торфа от 0.6 до 2.5 %, а для низинного торфа от 1.3 до 3.8 %. Азот торфа, в процессе горения не окисляется и не выделяет тепла. Он переходит в дымовые газы в виде молекулярного азота и является, таким образом, балластом. В торфе сера содержится обычно в небольших количествах. Она бывает органического и минерального происхождения. В нормальнозольном торфе содержание серы колеблется от 0.06 до 1.11–4.26 % и возрастает от верхового к низинному и от мохового к древесному.

Анализ элементного состава торфа не дает полной информации о химической природе его органической массы. Поэтому химическая оценка торфа производится по **групповому составу** [1, 2].

Группа соединений, извлекаемых органическими растворителями, получила термин «битумы торфа». Они состоят из восков, парафинов, смол и содержат парафиновые, терпеновые и ароматические углеводороды, а также такие кислородсодержащие соединения, как спирты, кислоты, эфиры. Их количество колеблется в пределах от 1.2 до 17.7 % (табл. 2).

Углеводный комплекс торфа содержит водорастворимые и легкогидролизуемые вещества в количестве от 6.9 до 63 %. В них входят различные классы органических соединений (пентозы, уроновые кислоты, гексозы). Целлюлоза торфа относится к трудногидролизуемым веществам, ее содержание изменяется от 0.2 до 20 %.

Негидролизуемые вещества торфа состоят из сложной смеси веществ: лигнина растений-торфообразователей и веществ кутино-субериновой группы. Количество негидролизуемого остатка может доходить до 26 %.

Таблица 2

Групповой состав торфов различного вида

Вид торфа	Б	ЛГВ+ВРВ	ГК	ФК	Ц	Л
Верховой тип						
Группа моховая	1.2 – 13.4	20.9 – 63.1	4.8 – 38.3	10.0 – 19.3	3.8 – 17.9	0.0 – 8.7
Пушицево-сфагновый	2.1 – 16.1	15.9 – 45.9	10.5 – 49.9	12.3 – 22.3	1.5 – 9.9	3.7 – 14.5
Сосново-пушицевый	9.0 – 17.7	9.0 – 32.5	25.9 – 49.3	12.3 – 21.6	1.0 – 5.6	5.5 – 12.3
Группа древесная	6.8 – 16.3	10.3 – 24.7	28.7 – 49.9	12.0 – 22.5	0.7 – 4.7	8.7 – 14.3
Переходный тип						
Сфагновый	1.2 – 8.9	18.2 – 45.8	18.6 – 42.8	10.6 – 26.8	1.0 – 9.0	5.1 – 18.4
Низинный тип						
Сфагновый	2.6 – 8.4	22.9 – 51.0	15.6 – 40.2	14.0 – 23.1	1.7 – 12.0	3.5 – 14.5
Группа древесно-моховая	3.1 – 3.6	23.3 – 27.8	33.3 – 45.6	13.4 – 20.3	0.7 – 3.6	10.6 – 14.6
Древесно-травяной	1.5 – 10.7	9.3 – 34.3	29.1 – 55.5	9.2 – 27.9	0.4 – 3.8	6.9 – 20.0
Древесный	1.4 – 8.9	15.2 – 28.1	27.9 – 51.5	10.3 – 24.1	0.4 – 5.3	6.6 – 26.2

Примечание: Б - битумы, ЛГВ – легкогидролизуемые вещества, ВРВ – водорастворимые вещества, ГК – гуминовые кислоты, ФК – фульвокислоты, Ц – целлюлоза, Л – лигнин.

Гуминовые вещества, представляют собой смесь гетерополиконденсатов с разным молекулярным весом. Макромолекулы гуминовых веществ включают упорядоченные конденсированные ядра и неупорядоченную периферийную часть. При ядре и боковых участках макромолекул гуминовых веществ находятся способные к диссоциации кислотные и основные группы, придающие этим соединениям свойства полиэлектролитов. Гуминовые соединения имеют аморфную структуру, ассоциаты макромолекул которых образуются в результате непосредственного взаимодействия функциональных групп, а также через молекулы воды и многовалентные ионы. На долю гуминовых веществ приходится до 70 % органической части торфа. Таким образом, торф по химическому составу занимает промежуточное положение между растительным сырьем и твердыми горючими ископаемыми и чем меньше его степень разложения, тем он ближе по свойствам к растениям-торфообразователям.

Минеральный состав. В твердых горючих ископаемых, к которым относится торф, обнаружены практически все элементы периодической системы [3]. Однако содержание только девяти из них выше 0.1 % (или 100 г/т). К этим элементам относят S, Si, Al, Fe, K, Ti, Ca, Na, Mg. Эти элементы называют макроэлементами минеральной части или главными. Остальные неорганические компоненты в количестве менее 0.1%, принято называть микрокомпонентами или малые, которые делятся на три подгруппы: 1) малые (содержание их колеблется от 0.1 % до 0.001 %), к ним относятся B, F, P, Cl, Ti, Cr, Mn, Cu и другие; 2) редкие элементы (0.001–0.00001 %) - Li, Be, Ga, Se и другие; 3) ультраредкие (менее 0.00001 %) - Au, Ag, Pt, Hg, In, Ir, Re.

Обычно в золе торфа определяют 6 элементов в виде оксидов. Среднее содержание каждого элемента золы возрастает соответственно увеличению зольности, но мера возрастания отдельных элементов различна. Количество оксидов в золе увеличивается от верхового к низинному, а интенсивность их роста специфична для типов торфа. В торфе верхового типа в золе преобладает SiO_2. Ее количество составляет в среднем около 43 % от веса золы, оксида кальция – 22 %, алюминия – 9 %, железа – 8 %. В переходном торфе содержание оксида кремния падает до 28 % от веса золы, но по сравнению с верховым торфом больше алюминия и железа. Эти элементы приносятся на поверхность торфяного месторождения переходного типа водами поверхностного стока. В низинном торфе накапливается кальций (35–40 %), поступающий с подземными питающими водами. Остальные компоненты распределяющиеся следующим образом: оксид железа – 13 %, кремния – 21 %, алюминия – 7 %.

Химические свойства торфа определяют направления его использования и поэтому на XI Международном конгрессе, который состоялся в г. Квебек (Канада), одной из очередных задач направлений развития науке о торфе определено дальнейшее изучение вещественного состава разных генетических видов торфа из различных природных зон [4].

Более подробно остановимся на свойствах торфов центральной части Западной Сибири. Среди типичных видов торфа центральной части Западной Сибири наиболее широко распространены верховые сфагновые малоразложившиеся. В ча-

стности, доля фускум-торфа в общем объёме торфяных залежей доходит до 29.3 %. В северных районах Томской области нередки залежи, сложенные этим видом торфа на полную глубину. Фускум-торф характеризуется низкой степенью разложения (5–10 %) и низкой зольностью (1.6 %). Особенностью элементного состава фускум-торфа является низкое содержание углерода, азота и серы (табл. 3). В групповом составе фускум-торфа максимальных величин достигает содержание водорастворимых и легкогидролизуемых веществ (табл. 4), суммарное содержание которых обычно выше 50 %. В связи с низкой степенью разложения фускум-торфа содержание гуминовых и фульвокислот в нём также минимально. Близок по своему составу и свойствам к фускум-торфу сфагновый малоразложившийся торф (магелланикум, комплексный, сфагново-мочажинный). В связи с большими запасами сфагнового малоразложившегося торфа он представляет интерес как сырьё для производства кормовых дрожжей, осахаренного торфа, кормового сахара, углеводно-протеинового корма для животноводства. Кроме того, такой торф пригоден для производства подстилки для скота, теплоизоляции, а также ряда товаров народного потребления: торфяные питательные брикеты, торфяной питательный грунт «Фиалка», торфоблоки субстратные, торфяные полые горшочки, микропарники торфяные, торфодерновые ковры.

Таблица 3

Общетехнические свойства и элементный состав типичных видов торфа центральной части Западной Сибири

Вид торфа	Степень разложения, %	Зольность, %	Элементный состав, % на горючую массу торфа				
			C	H	N	S	O
Верховой тип							
Фускум	7	1.6	53.5	5.89	1.26	0.15	39.2
Магелланикум-фускум	7	2.5	53.0	4.81	1.09	0.14	41.0
Пушицево-сфагновый	30	3.0	57.1	5.67	1.73	0.15	35.3
Переходный тип							
Осоковый	35	5.1	57.8	6.08	2.75	0.21	33.2
Сфагновый	15	6.6	55.8	5.99	2.58	0.35	35.3
Низинный тип							
Древесно-травяной	37	10.5	56.0	5.66	2.89	0.35	35.0
Осоково-гипновый	35	8.8	57.0	5.76	4.10	0.44	32.7
Гипновый	42	11.4	54.1	4.60	3.98	0.26	37.0

Верховой пушицево-сфагновый торф, в отличие от фускум-торфа, характеризуется повышенной степенью разложения. Этот вид торфа распространен гораздо меньше, чем фускум-торф. Пушицево-сфагновый торф представляет большой интерес для получения таких ценных продуктов, как монтанвоск, активные угли. По сравнению с малоразложившимся сфагновым торфом пушицево-сфагновый торф обогащен углеродом, азотом и серой. В групповом составе пушицево-сфагнового торфа обращает на себя внимание высокое содержание битумов (табл. 4). Соответственно, понижено содержание водорастворимых и легкогидролизуемых веществ, которые в сумме дают менее 40 %. Типичные переходные виды торфа представлены осоковым и сфагновым (табл. 3, 4). Они характеризуются средней и вы-

Таблица 4

Групповой состав типичных видов торфа центральной части Западной Сибири

Вид торфа	Групповой состав, % на горючу ю массу торфа						
	Б	ВРВ	ЛГВ	ГК	ФК	Л	Ц
Верховой тип							
Фускум	4.2	4.0	46.8	13.6	17.3	6.5	7.6
Магелланикум-фускум	3.4	3.4	39.7	12.9	18.6	8.5	11.7
Пушицево-сфагновый	8.5	4.0	30.4	26.0	17.1	6.8	6.7
Переходный тип							
Осоковый	6.5	3.6	25.6	33.8	15.1	15.4 (Л+Ц)	
Сфагновый	3.1	3.1	44.1	17.0	16.4	15.5 (Л+Ц)	
Низинный тип							
Древесно-травяной	3.9	3.6	24.6	33.7	14.2	19.4 (Л+Ц)	
Осоково-гипновый	3.7	3.4	32.8	33.8	15.6	8.4	2.3
Гипновый	2.6	3.2	32.0	27.6	14.1	19.5 (Л+Ц)	

Примечание: Б - битумы, ВРВ – водорастворимые вещества; ЛГВ – легкогидролизуемые вещества; ГК – гуминовые кислоты; ФК – фульвокислоты; Л – лигнин; Ц – целлюлоза.

сокой степенью разложения, достигающей 40 %. Зольность переходных видов торфа невелика и составляет обычно 4.5–8.5 %. Элементный состав переходных видов торфа близок к составу верхового пушицево-сфагнового торфа и отличается от него более высоким содержанием азота, которое обычно выше 2 %. Групповой состав изученных переходных видов торфа заметно отличается друг от друга. Так групповой состав переходного сфагнового торфа близок к верховому малоразложившемуся сфагновому торфу. Переходный осоковый торф по своему групповому составу ближе к верховому пушицево-сфагновому торфу. В целом групповой состав переходных видов торфа изучен сравнительно слабо и требует дальнейшего изучения, учитывая значительные запасы этого вида торфа и возможность выявления ценного химического сырья.

Изученные образцы низинного торфа относятся к нормальнозольным и характеризуются высокой степенью разложения, которая обычно выше 25 % и доходит до 45 %. Среди низинных видов торфа встречаются малозольные образцы с зольностью 6 % и ниже. Обычно они встречаются в низинных торфяных залежах, занимающих обширные окраины верховых сфагновых болот.

Особенностью элементного состава типичного низинного торфа является высокое содержание азота, зачастую превышающее 3 % (табл. 3). Наиболее богат азотом гипновый торф, понижено содержание этого элемента в древесно-травяном торфе.

Групповой состав низинного торфа характеризуется низкими выходами битумов (2.5–3.5 %), легкогидролизуемых веществ и высоким содержанием гуминовых кислот (табл. 4). Суммарное содержание водорастворимых и легкогидролизуемых веществ в низинном торфе нередко ниже 30 %. Содержание гуминовых кислот в низинном торфе достигает своих максимальных значений (37–38 %) в древесно-осоковом, осоковом и древесно-травяном видах. При этом содержание фульвокислот обычно вдвое ниже по сравнению с гуминовыми кислотами. В ряду низинных видов торфа минимальным содержанием гуминовых кислот отличаются гипновый и осоково-гипновый.

Ценность низинного торфа обусловлена высоким содержанием гуминовых кислот при низкой зольности (6 % и ниже). Такой торф является сырьём для получения гуминовых препаратов (гумат натрия, «Тюльпан»), торфощелочного реагента, активных углей, биостимуляторов.

В целом элементный состав типичных торфов центральной части Западной Сибири мало отличается от элементного состава торфов европейской территории России по содержанию основных элементов: углерода, кислорода и водорода. В то же время западносибирские торфа заметно богаче азотом, чем их европейские аналоги [1]. Особенно это касается переходных и низинных видов торфа (табл. 3), в которых нередко среднее содержание азота на 1–1.5 % выше, чем в однотипных торфах европейской территории России.

В групповом составе типичных видов торфа центральной части Западной Сибири проявились вполне определённые особенности, связанные с региональными условиями торфонакопления. В отличие от торфов европейской территории России, западносибирские торфа богаче водорастворимыми и легкогидролизуемыми веществами. В некоторых видах торфа (верховой фускум, переходный сфагновый) эта разница составляет 8–13 %. В то же время содержание гуминовых кислот в торфах центральной части Западной Сибири, как правило, ниже на 3–11 %. Разница в содержании гуминовых кислот наиболее значима в низинных и переходных видах торфа. По остальным групповым составляющим изученные виды западносибирских и европейских торфов близки. Следует отметить в качестве особенности группового состава торфа Западной Сибири пониженное соотношение между содержанием гуминовых и фульвокислот. В частности, в верховом торфе (фускум, магелланикум-фускум) соотношение Сгк:Сфк ниже единицы, что совершенно не характерно для торфов европейской территории России.

Таким образом, рассмотренные типичные виды торфа представляют широкие возможности для получения разнообразной продукции широкого ассортимента от различных кормовых добавок, удобрений и биологически активных препаратов до компонентов буровых растворов, монтан-воска и активных углей. Огромные запасы торфа, кото-рые только в Томской области составляют 29.3 млрд. т [5], создают благоприятные перспективы для развития в Западной Сибири крупнейших современных предприятий по комплексной химической и биохимической переработке торфа. Сырьевые ресурсы Томской области позволяют довести масштабы переработки торфа до 20 млн. т в год с обеспеченностью запасами на срок 50 и более лет. В настоящее время инфраструктура Томской области ещё недостаточно развита для широкого доступа к её торфяным ресурсам, но интенсивное строительство транспортных и энергетических систем создаёт благоприятные предпосылки для сооружения торфохимических комбинатов на базе крупнейших торфяных месторождений области. Уже в настоящее время для создания таких производств имеются долговременная сырьевая база и необходимая инфраструктура в районе с. Плотниково (Шегарский район) и районных центрах Белый Яр и Колпашево. В перспективе торфяные ресурсы Томской области могут стать мощным фактором развития производительных сил этой территории, имеющим межрегиональное значение наряду с нефтехимической и лесной промышленностью. При этом в ка-

честве рынков сбыта получаемой продукции будет не только Западно-Сибирский экономический район, но и страны Азиатско-Тихоокеанского региона, торгово-экономические связи с которым приобретают в последнее время всё больший вес в геополитической стратегии страны.

Литература

1. Лиштван И.И., Король Н.Т. Основные свойства торфа и методы их определения. М., 1975. 320 с. **2.** Лиштван И.И., Базин Е.Т., Гамаюнов Н.И., Терентьев А.А. Физика и химия торфа. М., 1989. 304 с. **3.** Коробчанский И.А., Шпирт М.Я. Генезис и свойства минеральных компонентов углей. Новосибирск, 1998. 227 с. **4.** Лиштван И.И. Исследования физических, химических свойств торфа и его биологической активности. Л., 2002. № 1. С. 5-19. **5.** Инишева Л.И., Архипов В.С., Маслов С.Г., Михантьева Л.С. Торфяные ресурсы Томской области и их использование. Новосибирск, 1995. 85 с. **6.** Торфяные ресурсы СССР / Под ред. Маркова В.Д., Оленина А.С., Череповского В.Ф. М., 1982. 352 с.

Chemical compound of peat and direction of its use

S.G. Maslov, V.S. Arkhipov

The chemical compound of peats of Russia is considered. The data on the most met peats of Western Siberia are resulted. Directions of use of bitumens, carbohydrate complex and humic substances are considered.

БИОХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ТОРФОВ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

О.Г. Савичева

Томский государственный педагогический университет, osavichev@mail.ru

Рассмотрена биохимическая характеристика торфов Западной Сибири. Показано, что уровень ферментативной активности определяется ботаническим составом, степенью разложения, содержанием органического вещества. Предложен ряд торфов на уровне групп по степени биохимической устойчивости (в порядке ее убывания): древесная, древесно-травяная, травяная, травяно-моховая, моховая.

Торфяные почвы являются продуктом особого органо-аккумулятивного почвообразования, образующиеся в результате замедленной гумификации и минерализации растений-торфообразователей, вследствие избыточного увлажнения и недостатка кислорода воздуха. Наиболее существенные изменения физических и химических свойств растительных остатков происходит в верхнем слое. Здесь под воздействием гетеротрофных микроорганизмов-аэробов происходит разрушение веществ растительного происхождения и образуются новые полимеры –гумусовые вещества. Однако эти процессы в торфяных почвах протекают с крайне низкой скоростью и не обеспечивают полного распада растительных остатков. Происходит накопление органического вещества - торфа, из которого целиком сложены торфяные почвы. По мере накопления органической массы, верхние слои торфяного профиля, перекрываемые новыми порциями растительных остатков, по-

степенно погружаются на глубину и попадают в зону анаэробного разложения. И слой, когда-то бывший верхним, оказывается погребенным. При этом процессы трансформации органического вещества не прекращаются, хотя и имеют интенсивность уже совершенно иного порядка и протекают в резко отличающихся от верхнего горизонта условиях: с господством восстановительной обстановки, при относительно стабильной температуры и влажности. Поэтому весь профиль торфяных почв в определенные времена проходит стадию почвообразования. В зависимости от особенностей гидрохимического режима отлагаются торфа того или иного ботанического состава, который определяет их химические свойства, что подтверждено многочисленными исследованиями. Химический состав торфов определяется степенью биохимической устойчивости органического вещества, косвенным показателем которой может служить ферментативная активность.

В качестве показателей интенсивности процессов трансформации органического вещества преложены активность окислительно-восстановительных ферментов – каталазы и полифенолоксидазы и активность фермента класса гидролаз – инвертазы. Данные представлены на основе анализа 81 образца, соответствующих 5 группам и 12 видам торфа согласно [1], в пределах южно-таежной подзоны Западной Сибири. Активность каталазы, полифенолоксидазы, инвертазы, а также ботанический состав, зольность, степень разложения, обменная кислотность, фракционный состав органического вещества по В.В. Пономаревой и Т.А. Николаевой определены согласно общепринятым методикам [2]. Для установления зависимости ферментативной активности торфов от их химического состава нами был проведен корреляционный анализ.

Представление об общей ферментативной активности торфов можно получить на основании определения фермента, участвующего в процессах дыхательного обмена – каталазы. В результате ее активирующего действия происходит расщепление токсичной для живых организмов перекиси водорода, образующейся при окислении углеводов, белков и жиров флавопротеиновыми ферментами на воду и свободный кислород. Образующийся в результате реакции активный кислород принимает участие в окислении органических соединений [3, 4]. Общая каталазная активность включает в себя ферментативную и неферментативную. Последняя обусловлена катализаторами абиогенной природы, в частности, каталитической активностью минералов солей железа и марганца [5, 6].

Изучение каталазной активности верховых и низинных торфов показало существенное различие их биологической активности. Так, активность каталазы в торфах верхового типа изменяется, в целом, в небольших пределах от 0.1 до 1.64 мл O_2 / 2 мин/ г и в значительной мере определяется значением величины pH. В торфах верхового типа, характеризующихся низкой зольностью, как правило, доля неферментативной каталазной активности незначительна (19-39 %).

В отличие от торфов верхового типа, каталазная активность низинных торфов изменяется в очень широких пределах от 0.26 до 32.48 мл O_2 / 2 мин/ г. Это определяется видовым разнообразием торфов, широкой вариабельностью их степени разложения и зольности. Наименее интенсивно окислительно-восстановительные

процессы протекают, согласно нашим данным, в хорошо разложившихся торфах древесной и древесно-травяной групп (степень разложения 32.4-33.6 %). Более высокая активность каталазы установлена в торфах древесно-моховой и травяно-моховой групп, характеризующихся высокой зольностью (19.4-21.4 %). К торфам этих групп относятся древесно-гипновые, осоково-гипновые и травяно-гипновые, формирующиеся в условиях богатого минерального питания с преобладанием оксидов кальция, которые обеспечивают нейтральную или близко к нейтральной реакцию среды, обусловливающую высокую каталазную активность. Торфа низинного типа, отличающиеся от торфов верхового типа большей зольностью, характеризуются более высокой неферментативной каталазной активностью 26-43 %.

Указанное закономерное возрастание каталазной активности от древесной к травяно-моховой и древесно-моховой группам предполагает, что виды торфа соответствующих групп будут располагаться аналогично. Однако получается иная картина (рис.). Низкой активностью каталазы характеризуется вахтовый вид торфа (1.07). Наиболее интенсивно окислительно-восстановительные процессы, судя по активности каталазы, протекают в осоково-гипновых (3.11), осоковых (3.6), древесно-гипновых (5.5), травяно-гипновых (7.2) торфах, формирующихся, как было указано выше, в условиях богатого минерального питания. Таким образом, главными факторами, определяющими активность каталазы является зольность и pH среды. Полученные результаты подтверждаются ранее приведенными исследованиями других авторов [7, 8].

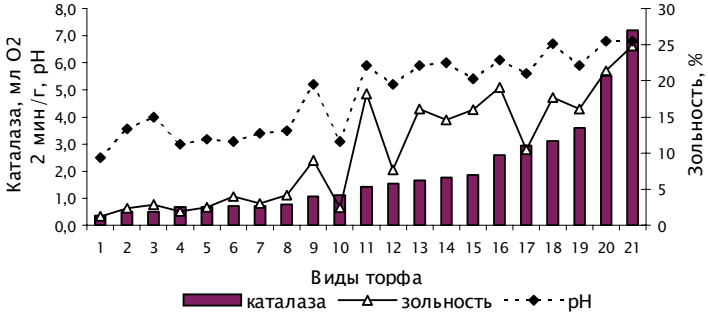


Рис. 1. Изменение активности каталазы, pH и зольности по видам торфа. Верховые торфа: 1 – фускум; 2 – комплексный; 3 – пушицево-сфагновый; 4 –магелланикум; 5 – сфагново-мочажинный; 6 – шейхцериево-сфагновый; 7 – шейхцериевый; 8 – сосново-сфагновый; 10- пушицевый. Низинные торфа: 9 – вахтовый; 11 – древесно-осоковый; 12 – шехйериевый; 13 – гипновый; 14 – древесный; 15 – травяной; 16 – древесно-травяной; 17 – сфагновый; 18 – осоково-гипновый; 19 – осоковый; 20- древесно-гипновый; 21- травяно-гипновый.

Поступающие вместе с опадом в верхний слой торфяной почвы и накопленные в ней углеводы подвергаются действию комплекса ферментов, среди которых наиболее широко изучена инвертаза. Этот фермент расщепляет сахара или близ-

кие к нему углеводы на молекулы глюкозы и фруктозы. Являясь источником углерода и энергии, углеводы контролируют микробиологическую активность. Особенно важна роль углеводов в синтезе гумусовых веществ. Они не только поставляют скелет будущей молекулы ГК, но и энергию для ее синтеза [9, 10].

Известно, что основу торфа составляют растительные остатки, которые на 85-90 % органических веществ состоят из углеводов. Вместе с тем, торфа разных групп существенно отличаются по химическому составу и, в том числе, по содержанию углеводов. Наиболее высокой инвертазной активностью характеризуются торфа верхового типа (28.0-97.1 мг глюкозы /4ч/г), обладающие высоким содержанием легкогидролизуемых веществ – 14.4 % от $С_{общ}$ (табл. 1). С увеличением степени разложения от 7.4 до 20.7 % количество легкогидролизуемых веществ значительно падает – до 4% от $С_{общ}$ в травяной группе. Соответственно, активность инвертазы снижается.

С целью оценки способности исследуемых торфов к трансформации был использован показатель – степень сохранности торфа [11], который определяется как "отношение углерода ГК к углероду веществ, гидролизуемых серной кислотой или суммарному содержанию легко- и трудногидролизуемых веществ". Чем больше содержится в торфе ГК (биохимически инертной части органического вещества) и меньше легко- и трудногидролизуемых веществ (самой биохимически неустойчивой части органического вещества), тем больше величина его сохранности и тем менее подвержен торф биохимическому разложению. Результаты наших исследований показали, что наиболее биохимически устойчивым видом торфа является шейхцериевый (степень сохранности 3.7), а наименее - виды торфа моховой группы – магелланикум (0.6), фускум (0.2).

В отличие от торфов верхового типа низинные торфа, содержащие низкое количество легкогидролизуемых веществ, в целом, характеризуются более низкой активностью инвертазы (табл. 2). Как показали результаты исследований, активность инвертазы изменяется от 21.7 в древесной до 92.2 и 144.6 мг глюкозы/4 ч/г. в моховой и травяно-моховой группах соответственно. Отмеченная закономерность определяется тем, что с увеличением доли древесных остатков в торфах, содержание ГК растет, а легкогидролизуемых соединений существенно падает. Так, в гипновых и осоково-гипновых торфах со степенью разложения в среднем 24.9-25.4 % содержание легкогидролизуемых веществ составляет 10.7-11.1 %, тогда как в древесных и древесно-травяных торфах со степенью разложения 29.4-31.8 % количество легкогидролизуемых соединений значительно ниже (4.6 %) (табл. 2).

Изучаемые группы торфов как верхового так и низинного типов характеризуются широким интервалом активности инвертазы, что определяется видовым разнообразием торфов и широким диапазоном степени разложения растительных остатков. С возрастанием степени разложения в торфе увеличивается содержание биохимически устойчивых компонентов: воска, ГК, лигнина и снижается количество биохимически неустойчивых веществ – углеводов. Корреляционный анализ полученных данных выявил достоверную обратную связь между активностью инвертазы и степенью разложения ($r=0.58$), содержанием ГК ($r=-0.70$) и положительную с содержанием легкогидролизуемых веществ ($r=0.52$) для торфов верхового

Таблица 1

Ферментативная активность и химический состав торфов верхового типа

Группа, вид торфа	Степень разложения, %	Инвертаза*	Полифенолоксидаза**	С общ, %	1 ГК	Сумма ГК	Л/г	Сохранность торфа	Степень гумификации
					% от С общ				
Травяная группа	15-27	13.8-51.6	0.34-0.93	44.5-55.9	3.9-14.9	13.3-31.2	2.2-8.4	0.7-5.7	26-70
(шейхцериевый)	20.7	28.0	0.63	49.2	9.1	26.1	4.0	3.7	54
Травяно-моховая группа	8-35	24.3-114.3	0.0-1.73	44.1-52.1	3.0-9.6	8.0-31.8	4.5-8.5	0.4-3.0	16-61
	20.1	66.2	0.67	49.7	5.8	16.7	7.1	1.3	34
Пушицево-сфагновый	8-35	24.3-114.3	0.0-1.73	50.2-52.1	3.0-9.6	8.0-31.8	4.5-8.5	0.4-3.0	16-61
	20.0	80.8	0.84	50.9	6.3	16.8	7.0	1.4	33
Моховая группа	0-20	46.8-131.6	0.0-1.15	46.3-56.3	3.3-4.8	6.7-12.7	6.2-24.9	0.2-0.8	12-26
	7.4	94.5	0.26	51.3	4.0	10.9	14.4	0.4	19
Магелланикум	0-20	68.1-127.1	0.0-1.15	51.2-56.3	4.5-4.8	10.6-12.7	6.2-8.6	0.4-0.8	21-26
	8.6	91.1	0.38	53.4	4.7	11.9	7.4	0.6	23
Фускум	0-10	46.8-131.6	0.0-0.66	46.3-55.6	3.3-3.9	6.7-8.6	13.3-24.9	0.2-0.3	12-19
	6.3	97.1	0.17	49.7	3.6	7.7	19.6	0.2	16

Примечание: числитель –минимальное и максимальное содержание; знаменатель – среднее содержание; л/г –легкогидролизуемые вещества; т/г – трудногидролизуемые вещества; * - мг глюкозы / 4 ч / г; ** - мг 1,4 n –бензохинона / 30 мин / г.

Таблица 2

Ферментативная активность и химический состав торфов низинного типа

Группа, вид торфа	Степень разложения, %	Инвертаза*	Полифенолоксидаза**	С общ, %	1 ГК	Сумма ГК	Л/г	Сохранность торфа	Степень гумификации
					% от С общ				
Древесная группа	15-40 29.4	0.0-74.5 21.7	0.1-4.21 1.11	29.3-51.6 41.0	2.7-34.1 10.8	17.8-44.2 26.6	2.3-6.6 4.6	1.3-8.0 2.9	37-150 70
Древесно-травяная группа Древесно-травяной	17-43 31.8 19-43 31.4	0.0-110.8 28.9 0.0-44.7 27.3	0.0-1.84 0.74 0.0-1.63 0.53	30.0-50.0 40.4 43.8-50.4 47.8	3.7-20.0 9.5 3.7-10.4 6.3	16.9-37.8 24.3 20.8-37.8 26.2	2.8-6.1 4.6 4.2-5.9 4.9	1.4-4.1 2.4 2.0-4.1 2.7	37-106 63 42-83 56
Древесно-осоковый	17-40 32.2	0.0-110.8 30.5	0.22-1.84 0.96	30.0-45.6 33.1	6.1-20.0 12.7	16.9-31.8 22.3	2.8-6.1 4.3	1.4-3.8 2.2	37-106 70
Травяная группа	15-39 23.5	17.7-211.9 75.3	0.0-2.52 0.72	28.6-56.3 49.3	3.3-20.3 7.8	16.5-36.3 25.5	3.7-9.9 6.6	0.9-4.7 2.4	33-73 52
Травяной	18-39 29.5	17.7-64.2 37.3	0.08-1.42 0.82	46.8-56.3 51.1	6.0-20.3 11.2	28.2-36.3 32.3	3.7-6.5 4.5	2.7-4.0 3.5	50-73 64
Вахтовый	16-28 21.0	36.4-81.7 52.6	0.93-2.52 1.51	51.0-54.9 52.3	4.5-7.7 6.1	19.2-28.5 23.3	5.1-8.5 6.9	1.4-2.1 1.7	37-55 45
Осоковый	15-30 22.3	21.7-211.9 89.3	0.0-1.31 0.43	28.6-53.9 47.7	3.3-15.4 7.3	16.5-32.4 23.9	4.7-9.9 7.2	0.9-4.7 2.2	33-69 51
Травяно-моховая группа (осоково-гипновый)	20-28 25.4	6.1-264.1 144.6	0.0-1.13 0.68	27.9-50.4 41.4	4.7-14.4 7.9	18.3-27.9 21.5	6.8-14.4 11.1	0.7-1.6 1.1	38-75 55
Моховая группа (гипновый)	21-29 24.9	15.1-220.0 92.2	0.0-1.73 0.66	36.7-49.4 45.1	2.9-6.2 4.6	17.9-27.3 22.2	9.0-13.5 10.7	0.7-1.7 1.1	37-63 50

Примечание: числитель –минимальное и максимальное содержание; знаменатель – среднее содержание; л/г –легкогидролизуемые вещества; т/г – трудногидролизуемые вещества; * - мг глюкозы / 4 ч / г; ** - мг 1,4 n –бензохинона / 30 мин / г.

типа и между активностью инвертазы и степенью разложения (r=-0.36) – для низинного.

Если оценивать инвертазную активность и содержание легкогидролизуемых веществ торфов низинного типа с учетом их геоботанической природы, то можно выделить следующий ряд по видам торфа: древесные - древесно-травяные - древесно-осоковые –травяные – вахтовые – осоковые – гипновые – осоково-гипновые. К наиболее биохимически устойчивым видам торфа, согласно нашим исследованиям, относятся древесно-травяные и древесные торфа. Содержание легкогидролизуемых веществ в этих торфах составляет 4.6-4.95 % от $С_{общ}$, активность инвертазы 21.7-27.3 мг глюкозы / 4 ч / г, степень сохранности торфа 2.7-2.9. К наименее биохимически устойчивым относятся осоковые, гипновые и осоково-гипновые торфа. Содержание в них легкогидролизуемых веществ – 7.2-11.1 %, активность инвертазы 89.3-144.6 мг глюкозы /4 ч/ г, степень сохранности торфа 1.1-2.2. Полученная закономерность ранее была отмечена при изучении торфов Беларуси и европейской территории России [12-14].

Превращение органических остатков в гумус является сложным биохимическим процессом с участием различных групп ферментов микроорганизмов и накопленных в почве внеклеточных ферментов. Известно несколько гипотез гумификации. Например, согласно М.М. Кононовой [9], гумификация протекает в две стадии. На первой стадии происходит распад органических остатков до мономеров, а на второй – конденсация и полимеризация, приводящие к образованию гумусовых кислот. Эта стадия включает ферментативное окисление фенольных производных до хинонов и последующую конденсацию фенольных соединений и хинонов с аминокислотами и пептидами. Таким образом, процесс образования гумусовых кислот представляет собой окислительную конденсацию продуктов ферментативного гидролиза и окислительный распад различных компонентов, осуществляемый с участием фенолоксидаз.

Согласно современным представлениям [15], гумусообразование в торфяных почвах зависит не только от ботанического состава растений-торфообразователей, но и от времени. В ходе развития почвообразования происходит постепенное снижение углеводов и накопление гумусовых веществ. С увеличением возраста увеличивается степень разложения растительных остатков, возрастает относительное содержание ГК. В ГК повышается конденсированность, гумусовые вещества становятся более устойчивыми, доля ФК в составе органического вещества снижается.

Наши исследования показали, что торфа верхового типа характеризуются, в среднем, более низкой полифенолоксидазной активностью по сравнению с торфами низинного типа. Активность полифенолоксидазы в торфах верхового типа увеличивается от 0.26 в моховой до 0.67 мг 1,4 n-бензохинона / 30 мин/ г в травяно-моховой группах. Это объясняется тем, что гумификация торфов моховой группы происходит в условиях почти постоянного переувлажнения и затрудненной аэрации, при которых активность полифенолоксидазы снижается или полностью подавляется, так как окисление фенолов может происходить только в присутствии кислорода воздуха. Низкая активность полифенолоксидазы моховой группы определяется также механо-химическим иммунитетом сфагновых мхов. Сохранность сфагновых тор-

фов объясняется наличием в них антисептиков, летучих и нелетучих фенолов [16]. Поэтому, сфагновые торфа мало подвержены гумификации. Содержание ГК в торфах моховой группы составляет всего 10.9 %, среди гумусовых кислот преобладают ФК. Степень разложения растительных остатков в ряду моховая – травяно-моховая – травяная группы возрастает. При этом увеличивается содержание биохимически устойчивых компонентов, в том числе и гумусовых кислот, структурными единицами которых служат фенольные соединения, являющиеся субстратом полифенолоксидазы. Это подтверждают и полученные нами экспериментальные данные по составу органического вещества. Содержание суммы ГК и более устойчивой 1 фракции ГК возрастает от моховой к травяной группам (10.9-26.1 % и 4.0-9.1 % от С общ соответственно) (табл. 2). Отношение Сгк:Сфк изменяется от 0.8 до 3.2 соответственно. Степень гумификации, предложенная Т.Т. Ефремовой [17] (отношение содержания ГК к общему углероду), изменяется от слабой в моховой (19) и травяно-моховой (34) до высокой в травяной группах (54). Установлена положительная корреляционная связь активности полифенолоксидазы с 1 фракцией ГК (r=0.54), суммой ГК (r=0.54), степенью гумификации (r=0.52). Таким образом, можно утверждать, что высокая активность полифенолоксидазы свидетельствует об интенсивном образовании ГК и устойчивых их соединений. Напротив, количество гидролизуемых веществ снижается. Это подтверждает наличие прямой связи между активностью полифенолоксидазы и сохранностью торфа (r=0.66) и обратной – с содержанием легкогидролизуемых веществ (r=-0.55).

Торфа низинного типа характеризуются более высокой активностью полифенолоксидазы. Активность рассматриваемого фермента изменяется, в среднем, от 0.66 в моховой до 1.11 мг 1,4n-бензохинона / 30 мин/ г в древесной группах. Рост интенсивности процессов окисления и гумификации органических компонентов в ряду травяно-моховая группа - моховая – травяная – древесно-травяная – древесно-моховая – древесная обусловлен особенностями состава органического вещества. Так, содержание 1 ГК увеличивается от 4.6 до 10.8 % и снижается доля 3 ГК от 17.0 до 10.2 % от Собщ, характерной для начальных этапов гумификации и отражающей более низкую степень биохимической деструкции растений-торфообразователей (табл. 2). Активность полифенолоксидазы определяется, очевидно, содержанием подвижных гумусовых веществ, что подтверждается корреляционной связью (r=0.51). Ботанический состав оказывает существенное влияние на активность полифенолоксидазы. Так, например, в травяной группе виды торфа существенно отличаются по средним значениям активности рассматриваемого фермента. Высокая активность полифенолоксидазы, в среднем, характерна для торфов вахтового вида (1.51), более слабая активность наблюдается в травяном (0.82), осоковом (0.43). Различие в активности ферментов определяется химическим составом торфов. Так, осоковые торфа характеризуются относительно высоким содержанием легкогидролизуемых веществ (7.2 %), причем с ростом степени разложения, как отмечают В.Е. Раковский и Л.В. Пигулевская [16], не наблюдается тенденции к их снижению. Отсюда высокая активность гидролитических ферментов – инвертазы. Напротив, содержание ГК и 1 ГК в осоковых торфах, как показали результаты проведенных нами и другими авторами исследований [18],

значительно меньше, чем в торфах травяного вида. Поэтому и активность полифенолоксидазы, характеризующая интенсивность окисления и гумификации органических компонентов, будет значительно уступать полифенолоксидазной активности торфов травяного вида.

Таким образом, ферментативная активность торфов определяется их геоботанической природой, степенью разложения и зольностью. Химический состав торфов определяется степенью биохимической устойчивости органического вещества, косвенным показателем которой может служить ферментативная активность.

Литература

1. Классификация торфов и торфяных залежей Западной Сибири / Р.Г. Матухин, В.Г. Матухина, И.П. Васильев и др. Новосибирск, 2000. 90 с. **2.** Савичева О.Г., Инишева Л.И. Биологическая активность торфяных болот // Сибирский экологический журнал. 2000. № 5. С. 607-614. **3.** Пейве Я.В. Биохимия почв. М., 1961. 422 с. **4.** Щербакова Т.А., Коробова Г.Я., Волков А.Е. и др. Биологическая активность маломощных торфяных почв и ее изменение под влиянием мелиорации и освоения // Проблемы Полесья. Минск, 1975. Вып. 4. С. 228-247. **5.** Зубкова Т.А. Карпачевский Л.О. Каталитическая активность почвы // Почвоведение. 1979. № 6. С. 115-121. **6.** Семиколенных А.А. Каталазная активность почв северной тайги (Архангельская область) // Почвоведение. 2001. № 1. С. 90-96. **7.** Попов Н.В., Лифшиц Р.С. Каталазная активность верхнего слоя торфяной залежи // Биологическая диагностика почв. М., 1976. С. 215-216. **8.** Рунков С.В., Козловская Н.А. Биохимические свойства торфов осушенных болот Горьковской, Владимирской, Московской областей // Тр. Горьковской с.-х. ин-та. 1977. Т. 110. С. 100-105. **9.** Кононова М.М. Органическое вещество почвы. Его природа, свойства и методы изучения. М., 1963. 315 с. **10.** Орлов Д.С. Гумусовые кислоты почв и общая теория гумификации. М., 1990. 325 с. **11.** Ефремова Т.Т. Почвообразование и диагностика торфяных почв болотных экосистем // Почвоведение. 1992. № 12. С. 25-34. **12.** Бамбалов Н.Н., Беленькая Т.Я. Содержание и состав углеводов в целинных и мелиорируемых торфяных почвах // Почвоведение. 1993. № 12. С. 87-91. **13.** Ефимов В.Н., Царенко В.П., Лупина Н.Ф. Антропогенная деградация болотных почв и меры ее предупреждения // Антропогенная деградация почвенного покрова и меры ее предупреждения / Тез. и докл. Всероссийской конф. М., 1998. Т. 2. С. 64-67. **14.** Поздняков А.И., Позднякова Л.А., Позднякова А.Д. Деградация и эволюция торфяников при сельскохозяйственном использовании // Антропогенная деградация почвенного покрова и меры ее предупреждения / Тез. и докл. Всероссийской конф. М., 1998. Т. 1. С. 129-131. **15.** Ефимов В.Н. Торфяные почвы и их плодородие. Л., 1986. 264 с. **16.** Раковский В.Е., Пигулевская Л.В. Химия и генезис торфа. М., 1978. 231с. **17.** Ефремова Т.Т. Гумус и структурообразование в лесных торфяных почвах Западной Сибири: Автореф. дис. … доктора биол. наук. Новосибирск, 1990. 39 с. **18.** Инишева Л.И., Дементьева Т.В. Органическое вещество торфов и оценка их биохимической устойчивости // Агрохимия. 2001. № 3. С. 25-34.

Biochemical properties of peats of Western Siberia

O.G. Savicheva

The biochemical characteristic of peats of Western Siberia is considered. It is shown, that the level enzimatic activity is defined by botanical structure, a degree of decomposition, the contents of organic matter. The peat line (on a level of groups) on a degree of biochemical stability: wood, wood-grassy, grassy, grassy-moss, moss obtained.

ВОССТАНОВЛЕНИЕ – РЕГЕНЕРАЦИЯ ВЫРАБОТАННЫХ ТОРФЯНЫХ БОЛОТ

В.В. Панов

Тверской государственный технический университет, vvpanov@tvcom.ru

В работе рассмотрены основные понятия, связанные с восстановлением торфяных болот. Регенерация болот определена как процесс восстановления формы и системы саморегулирования ростом болота после их разрушения. Обосновывается главная цель восстановления болот – это восстановление их целостности. Обращается внимание на исследование самопроизвольной регенерации болот как основы научного обоснования проблем их восстановления.

Определение регенерации. *Регенерация* торфяных болот не имеет в настоящее время общепринятого определения и обоснования. Используется несколько понятий близких понятию восстановления болот: *рекультивация, вторичное заболачивание, реабилитация, техногенез, оживление (revitalization), переувлажнение, восстановление-воссоздание, регенерация, реставрация*.

Рекультивация торфяных почв в основном направлена на использование нарушенных земель под сельскохозяйственные культуры, пруды, лесопосадки и т.п. В широком смысле под рекультивацией понимают меры предотвращения негативных последствий техногенных нарушений. Под *вторичным заболачиванием* подразумевается увеличение избытка воды на ранее осушенных площадях и вызываемые им изменения в почве и растительности при ухудшении действия мелиоративной сети [1]. *Реабилитация* [2] (*rehabilitation*) естественных функций болот включает в себя анализ геосферной оценки восстановления. Понятие *реставрации* болота отражает компенсацию вследствие промышленного использования торфяных болот [3]. В работе [4] *восстановление* болот определяется как комплекс технических мероприятий, направленных на возбуждение или оживление процесса *регенерации* или роста болот.

Отличительной особенностью понятия «переувлажнение» (*rewetting*), является искусственное или естественное повышение влажности торфяного субстрата. Процесс переувлажнения рассматривается как первичный этап схемы восстановления (*restoration*) болот по Kuntze, Eggelsmann [5]. Термин «*restoration*» переводится одновременно как восстановление, реставрация, реконструкция и возобновление, что в русскоязычном значении имеет различное понимание. Поэтому правильнее придерживаться понятия «*регенерация*» – дословно переводимого, отражающего цель работ и одновременно их завершающую стадию, но обычно, выбор терминов осуществляется не логикой, а удобством понимания. По этому наиболее употребительным остается термин «*восстановление*» болот.

Восстановление или *регенерация* торфяных болот – это научное направление, предметом исследования которого является класс объектов, происхождение и развитие которых в равной степени определяется техногенным и естественным генезисом. Регенерация болот предполагает использовать в равной степени естественные процессы и искусственные мероприятия, влияющие на возобновление процессов болотообразования, торфообразования и торфонакопления.

Изменение условий внешней среды ведет к единовременному появлению или *генерации* новой формы, структуры или состава природного объекта, отражающей стадии развития объектов. В отличие от *генерации* понятие *регенерации* включает в себя процесс восстановления формы, состава, облика или каких-либо других свойств природного объекта под воздействием внешних факторов в сочетании с сохранившимися свойствами самого объекта [6].

В результате механической неустойчивости нарушенной торфяной залежи и под воздействием колебаний внешних (водный, тепловой, радиационный и др. режимы) и внутренних факторов (эрозии, деформации, расслоения, деструкции и т.п. торфяной залежи) ее динамика влияет на экологические режимы верхнего слоя торфяника.

Поэтому, если на восстановление торфяника оказывает влияние динамика оставшейся торфяной залежи, то следует говорить о ее регенерации – перестраивается весь объект в соответствии с его физическими, химическими и возникающими биологическими свойствами.

Стадии регенерации. В Западной Европе в 70 гг. 20 века были выполнены первые работы по восстановлению выработанных торфяников, в результате была разработана классификация этапов восстановления болот (табл.).

Возможные этапы регенерации верхового болота [5]

Этапы регенерации	Состояние болота	Процессы	Время, лет
Первоначальная ситуация	Вырождение	Болото после использования в сельском хозяйстве или добычи торфа	
Переувлажнение (rewetting)		Восстановление гидрологического режима	менее10
Ренатурализация (renaturation)	Стабилизация деградации	Возобновление естественного растительного покрова	10-100
Регенерация (regeneration)	Вторичный рост	Процесс аккумуляции торфа	более100

По [7] фаза переувлажнения может достигать 4-6 лет, тот же срок указывается в [8], прибавлением определения этого этапа как противоэрозионного, за время которого процессы разрушения оставшегося торфяного слоя и части сооружений, обеспечивающих развитие регенерации, прекращаются, и сменяется этапом, для которого главным мероприятием становиться мульчирование почвы и растений. Признак успешного переувлажнения – постоянное повышение водного уровня почти до поверхности в течение 3-5 лет. В результате после стадии вырождения наступает стадия стабилизации [9].

Предлагается схема из трех фаз восстановления с точки зрения изменения гидравлической проницаемости торфяной залежи [10]. Эта схема выглядит так: 1 фаза регенерации – сжатие торфа при подъеме уровня грунтовых вод и роста леса (годы – десятилетия), 2 фаза – образование фрагментарного акротелма с постепенным увеличением пористости торфяного слоя под воздействием дождевых осадков (столетия), 3 фаза – появление акротелма и, как следствие, нового болота (столетия – тысячи лет).

О скорости развития естественной или спонтанной регенерации торфяного слоя можно судить по примеру [11]. Естественное образование бугров за 15 лет высотой 30 см и диаметром до 2.5 м при преобладании *Sphagnum magellanicum* в понижениях между буграми из *Sphagnum balticum*; третьим важным мхом был *Sphagnum fuscum*. Похожий вариант развития мохового покрова описан при зарастании лесовырубок [12]. Таким образом, скорость регенерации торфа может составлять до 2 см в год. Карьеры торфа (600х60 м) с растительностью переходного болота со *Sph. recurvum* и *Carex rostrata* заполнились за 60 лет слаборазложившимся сфагновым торфом слоем в 40 см [13]. По [14] прирост торфа в лесостепной зоне России в заросшей осушительной канаве за 150 лет составил 2 см в год.

Цель и объект регенерации. Большинство исследователей придерживаются мнения, что следует поддерживать технические меры восстановления болот, но учитывать их влияние на ход естественной (спонтанной) регенерации [10, 15]. При этом признается, что регенерации не подлежит: «использованный углерод», «летопись» истории природы, уникальные образцы торфа [3].

Чаще всего в опыте европейских ученых основной целью регенерации болота указывается создание саморегулируемой системы роста болота [16, 17]. Кроме того, называются цели – проверка правильности методов восстановления, восстановление и оценка водного баланса, воссоздание пулов, восстановление и регулирование биологическим и биогеохимическим круговоротами; накопление углерода, восстановление биоразнообразия [18]. Отдельно рассматривается развитие новой отрасли болотоводства [2] – *Paludikultur* [3]. В это понятие входит промышленное выращивание биомассы мхов с наибольшей продуктивностью (*Sphagnum papillosum, Sph. Magellanicum*, *Sph. Imbricatum*), осоки, тростника [19, 20] и др. Первичная цель, прежде всего на этапе переувлажнения – это восстановление биогеохимических циклов торфяно-болотных экосистем [17]. К частным целям также можно отнести и восстановление конкретных классов растительных сообществ, например, *Oxycocco-Sphagnetea* и *Scheuchzerietea* [9].

Регенерируемое торфяное болото отличается от естественного по скорости и внешним параметрам функционирования и развития. Оно может обладать собственной эволюционной схемой, включающей процессы конвергенции, параллелизма и дивергенции свойств растительного покрова и торфяной залежи, которые в определенной совокупности в естественных условиях встречаются с крайне малой вероятностью. Таким образом, регенерируемое болото развивается, благодаря специальным мероприятиям, быстрее естественного развития, что является одной из целей восстановления торфяных болот [9].

В случае нарушения торфяного болота, например, торфодобычей, нарушению, прежде всего, подвергается целостность торфяного тела, степень которого и отражает соотношение процессов генерации и регенерации торфяного болота. Поэтому, следуя понятию целостности торфяного болота, *объектом регенерации* следует считать, не растительность, а торфяное тело, представленное в разной степени частично, а *целью* – восстановление его целостности и ее поддержание благодаря механизмам саморегулирования; формирование не внешних признаков торфяника, а условий поддержания или возникновения его целостности**.**

Установить истинную степень нарушения целостности торфяного болота является сложной задачей, зависящей от методологических и методических особенностей описания и формализации параметров и моделей целостности торфяных болот естественного генезиса. Работы этого направления являются в настоящее время наименее разработанными. Это в свою очередь определяет подходы в решении проблемы регенерации болот и технологии ее реализации.

Исследование самопроизвольной регенерации болот. Прежде всего, следует установить схему освоения торфяных болот. На рисунке 1 представлен подобный ряд, показывающий, насколько может быть сложна структура выработанного торфяника. На рисунке 1 слева представлен рельеф исходной поверхности – симметричной и целостной по форме.

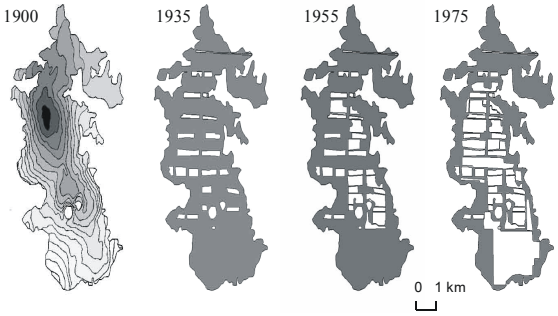


Рис. 1. Схемы пространственно-временного нарушения торфяного болота (белый оттенок – области разработки, серый оттенок – ненарушенная залежь.

До 1935 г. применялся элеваторный способ добычи торфа (машинно-формовочный способ), для которого характерно наличие полей сушки между карьерами. Второй этап разработки – до 1955 г., включал использование гидравлического способа добычи торфа, с помощью которого были разработаны поля сушки, образованные при элеваторном способе добычи. Заключительный этап разработки – фрезерная добыча торфа. При этом фрезерованию были подвержены площади сушки гидромассы, участки, разрабатывать которые прежде было не выгодно, которые были расположены в центре болота, на его окраинах и вдоль дорог. В результате торфяное тело после разработки имеет структуру в виде упорядоченной симметричной разновременной и многоформенной поверхности (подробнее [21]).

Для оценки состояния выработанных болот разработаны классификаторы, позволяющие строить карты состояния выработанных торфяных болот. Классификаторы представлены тремя группами признаков в равной степени определяющих процессы самовосстановления болот после нарушения. Первая группа – регулярные признаки, предполагающие, что разработка болота будет осуществлена точно по проекту. Вторая группа признаков – косвенно регулярные, которые отражают реальные изменения проекта, но с учетом регламентированных допусков. Третья группа – нерегулярных или случайных признаков, которые отражают незаплани-

рованные особенности торфяной залежи, гидрологии участка добычи, совокупность межсезонным условий и т.д. В сумме эти классификаторы позволяют достаточно точно прогнозировать возобновление болото- и торфообразовательного процесса, восстановление гидрологической целостности, а в дальнейшем – целостности растительного покрова и конечном итоге – торфяной залежи.

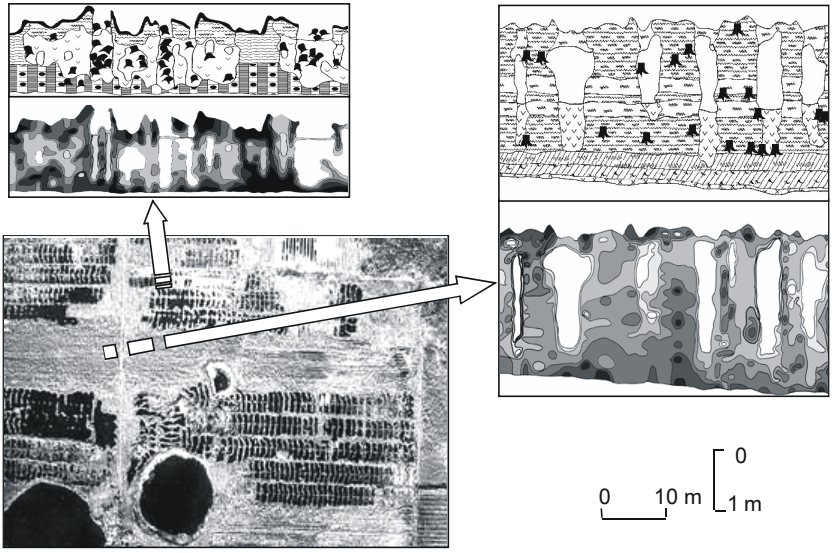


Рис. 2. Аэроснимок (1:40000) выработанного торфяного болота в состоянии самовосстановления. Вверху участок гидроторфа, справа – элеваторной добычи (верхний профиль – стратиграфия; нижний – прочность залежи)

На рисунке 2 приведен аэроснимок фрагмента торфяного болота Васильевский Мох, расположенного севернее г. Твери в 5 км. Характер разработки болота представлен на рисунке 1. Это болото одно из нескольких, которые выбраны в качестве моделей по исследованию процессов самовосстановления болотной растительности и регенерации торфяников (подробнее [12]).

На болоте выбраны несколько площадок размером 50х20 м, на которых разбиты параллельные профили с подробной съемкой рельефа через 1 м, стратиграфии, уровня грунтовых вод, растительности, механических свойств торфяной залежи. Площади выбраны по способам и времени разработки, исходным свойствам торфяной залежи и особенностям их восстановления.

Схема распределения механических свойств торфяной залежи использована для оценки ее целостности. Если осушение болота и его разработка направлены на нарушение сплошности и подвижности залежи, то восстановление болота выражается в возвращении ей динамических свойств. Эти свойства отражают (подроб-

нее [22]) функции саморегулирования торфяного тела в условиях постоянного изменения внешних воздействий, с одной стороны, а с другой, взаимовлияние соседних участков болота в виде разницы пьезометрического давления в них, что создает вторичную гидрологическую целостность выработанного болота.

На рисунке 2 показан карьер гидроторфа с низким уровнем грунтовых вод, над небольшим поднятием дна. В результате этот участок периодически выгорает. На его поверхности скопление золы (темный слой), многочисленные ямы, часто скрытые дерном с чуть повышенной влажностью и использующим пни как каркас. Карьер имеет характерную вогнутую форму, заполненную пнями и ограниченную снизу сосново-пушицевым торфом. Растительность данного участка разреженная и в целом здесь идет восстановление болота путем интенсивного саморазрушения техносреды (перемычки, дамбы, переезды, площадки для размещения оборудования и т.д.)

Пример активной аккумуляции воды в болоте показан на правом рисунке – участок элеваторной добычи торфа. Участок представлен относительно параллельными карьерами глубиной до 2.5 м. Уровень воды стоит ниже поверхности перемычек на 10-30 см. Карьеры затянуты моховыми сплавинами, местами проходимыми. Перемычки местами периодически выгорают на небольшую глубину, но со временем поверхность снижается до нескольких сантиметров над уровнем воды, что стимулирует появление болотной растительности.

В целом все процессы в выработанных торфяных болотах группируются как разрушающие техносреду и стимулирующие в дальнейшем формирование целостной гидросистемы болота, а также как определяющие систему аккумуляции воды в болоте (рис. 3). Первая группа процессов нивелирует уровень воды в болоте, а вторая выражается в сохранении и развитии амплитуды уровня грунтовой воды в разных участках болота. Разделение этих процессов достаточно условное, так как они отражают один процесс – восстановление гидрологической целостности торфяника.

Из анализа растительного покрова видно, что сообщества дамб имеют олиготрофный характер, а растительность сплавины карьеров – мезотрофный. Такой состав растительного покрова не встречается среди комплексных болотных сообществ южной тайги (грядово-мочажинные и грядово-озерковые комплексы) – растения гряд и мочажин питаются слабоминерализованными атмосферными осадками; в данном же случае вода карьеров имеет повышенную минерализацию.

На участке добычи торфа гидравлическим способом возвышенные части рельефа заняты олиготрофной растительностью сходной по структуре с растительностью дамб машиноформовочного участка добычи торфа, а структура и флористический состав растительности карьеров более разнообразны, но и в этом случае преобладающий тип растительных сообществ понижений рельефа – мезотрофный. Это вызвано тем, что растения карьеров в равной степени зависят от грунтового и атмосферного питания, а растения на дамбах и грудах пней изолированы от грунтовых вод.



Рис. 3. Классификация процессов и факторов стимулирующих восстановление болота

Растительность полей разлива торфомассы также имеет комплексный характер, но структура ее проще, чем на других участках. Из-за эрозии дамб растительный покров сильно разрежен: общее покрытие редко превышает 10 %. По типу питания растительность на них мезотрофная и евтрофная. Эдификатором сообществ участков разлива торфомассы (понижений рельефа) является мезотрофный *Sphagnum fallax*. Из травянистых растений обильны евтрофная *Carex rostrata* и олиготрофная *Eriophorum vaginatum*. Таким образом, сообщества понижений мезотрофны. В данном случае комплексы растительности на дамбах и понижениях относятся к одному типу трофности.

Проблемы и перспективы регенерации торфяных болот. Восстановление выработанных торфяных болот должно опираться на тщательные исследования процессов самовосстановления торфяных болот, выявление потенциальных факторов влияния на эти процессы и в отдаленной перспективе – включать управление процессами развития торфяных болот в естественном и нарушенном состоянии.

В целом исследование процессов естественной регенерации показал, что с одной стороны происходит разрушение техногенного рельефа и это в принципе должно вести к увеличению стока, но с другой стороны, особенности технологии использования торфяников способствуют уменьшению стока и испарения и одновременно стимулируют процесс саморегенерации болота. Поэтому объектами регенерации болота является на первом этапе вторичная система аккумуляции воды, а в дальнейшем гидромеханическая система торфяного тела.

Принципиальная разница в функционировании и развитии между нарушенным и естественным болотами в отсутствии у нарушенного болота *единой гидромеханической системы,* основная функция которой состоит в координации процессов роста торфяника в целом.

Структурно-иерархическая система потенциальных факторов влияния на регенерацию болот соответствует генетическому потенциалу развития болот. Фактору управления водным режимом соответствуют механизмы саморегулирования деятельным слоем, фактору болотообразования и торфонакопления – механизмы торфообразования, а гидромеханической системе торфяного тела – механизмы устойчивости геобиогенного поля болота (подробнее [22]) (рис. 4).

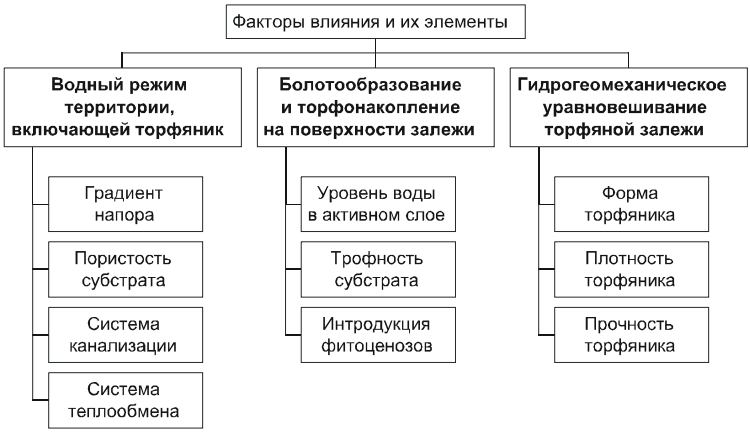


Рис. 4. Потенциальные факторы влияния на регенерацию болота

Факторы влияния и саморегулирования рассмотрены в работах: водного режима – [23, 24], торфонакопления – [13, 25, 26], частично гидромеханической системы торфяного тела – [23, 24, 26-29]. Этими факторами можно оперировать при стимулировании естественной регенерации болот. В зависимости от целей и масштаба регенерации выбираются факторы влияния, и предлагается метод регенерации болота.

В условиях оптимизации природоохранных технологий и мероприятий, в решении проблемы регенерации болот, во многом зависящей от процессов естественной регенерации, предлагается использовать комплексные составляющие потенциала, представленные в таблице, прежде всего для корректировки естественных процессов.

Литература

1. Вомперский С.Э. Биологические основы эффективности лесоосушения. М., 1968. 310 с. **2.** Бамбалов Н.Н. Основные задачи болотоводства // Торф в народном хозяйстве. Томск, 1991. С. 35–37. **3.** Joosten J.H.J., Timmermann T. Torf als Nachwachsender Rohstoff. Telma. 1999. V. 29. P. 171–181. **4.** Joosten J.H.J. Bog regeneration in the Netherlands: a Review // Peatland Ecosystems

and Man: an Impact Assessment. Dunde, 1992. P. 367–373. **5.** Spieksma J.F.M. Rewetting of damaged peatlands. 1998. 170 p. **6.** Геологический словарь. М., 1978. Т. 1. 486 с. Т. 2. 456 с. **7.** Terkamp H. Public Discussion on Protection and Utilization of Peatland in Germany // Proceedings of the 9th International Peat Congress. Uppsala, Sweden. Uppsala, 1992. P. 189–199. **8.** Le Quere D., Samson C. Peat Bog Restoration Challenges at the Industrial Scale in Canada // Proceedings of the 11th International Peat Congress. Quebec August 6-12, 2000, Canada. Quebec, 2000. V II. P. 705–709. **9.** Roderfeld H. Raised Bog Regeneration after Peat Harvesting in North-West Germany // Suo. 1993. V. 44(2). P. 43–51. **10.** Edom F., Wendel D. Grundlagen zu Hang-Regenmoore des Erzgebirges // Okologie und Schutz der Hochmoor im Erzgebirge. Dresden, 1998. № 3. S. 31–77. **11.** Чаков В.В., Купцова В.А. Особенности естественного восстановления сфагнового покрова в заболоченных лиственичниках Приамурья после проведения мелиоративных работ // Болота и заболоченные леса в свете задач устойчивого природопользования. М., 1999. С. 158–161. **12.** Кощеев А.А. Заболачивание сплошных лесосек на песчаных почвах // Тр. Инст. Леса. М., 1953. Т. 13. С. 10–50. **13.** Joosten J.H.J. 26 Time to Regenerate: Long-term Perspectives of Raised Bog Regeneration with Special Emphasis on Palaeoecological Studies // Restoration of Temperate Wetlands. John Wiley & Sons Ltd., 1995. P. 379–404. **14.** Пьявченко Н.И. Торфяники Русской лесостепи. М., 1958. 192 с. **15.** Joosten J.H.J. Peat Farming: the Ultimate Challenge for Peat "Producers" // Peatlands International. 2000. № 1. P. 36–37. **16.** Gremer D. Renaturierungsprojekt Wurzacher Ried 1989-1993 // Okologie und Schutz der Hochmoor im Erzgebirge. Dresden, 1998. № 3. P. 80–104. **17.** Tuittila E.-S., Komulainen V.-M., Vasander H., Nykanen H., Martikainen P. J., Laine J. Vegetation Succession Controls Methane Emission from Restored Cut-Away Peatland // Proceedings of the 11th International Peat Congress. Quebec August 6-12, 2000, Canada. Quebec, 2000. V II. P. 685–692. **18.** Daigle J-Y., Gautreau-Daigle H. Restoration Research Pays Big Dividends to Canadian Peat Producers // Peatlands International. 2000. № 1. P. 8–9. **19.** Gensior A., Zeitz J., Dietrich O., Dannowski R., Wichtmann W. Fen restoration and reed cultivation: first results of an interdisciplinary project in Northeastern Germany – Abiotic Aspects // Peatland Restoration and Reclamation. Duluth, 1998. P. 229–234. **20.** Wheeler B.D., Money R.P., Shaw S.C. Assessing Priorities and Approaches to the Restoration of Damaged Lowland Bogs in Northwest Europe // Peatland Restoration and Reclamation. Duluth, 1998. P. 23–31. **21.** Панов В.В., Веселов Н.В. Принципы классификации выработанных торфяников // Известия Академии наук. Серия географ. 2002. № 6. С. 86–95. **22.** Косов В.И., Панов В.В. Торфяно-болотные системы в экосфере (интеграция техносферы с биогеосферой) Тверь, 2001. 178 с. **23.** Иванов К.Е. Водообмен в болотных ландшафтах. Л., 1975. 280 с. **24.** Eggelsmann R.R.F. Rewetting for protection and renaturation/regeneration of peatland after or without peat winning // Proceeding of the 8th International Peat Congress. Section III. Leningrad, 1988. S. 251–260. **25.** Ковалев В.А. Болотные минералого-геохимические системы. Минск, 1985. 328 с. **26.** Edom F. Notwendigkeit des Schutzes und Gefahrdungspotentiale fur waldumgebene Kleinmoore aus hydrologischer und moorkundlicher Sicht // Waldmoore und Moorwalder in der Radeburger und Lau?nitzer Heide. Kamenz, 1998. S. 83–94. **27.** Косов В.И., Панов В.В. Предпосылки формирования теории техногенеза торфяно-болотных систем // Физико-химические и экологические проблемы наукоемких технологий добычи и переработки органогенных материалов. Тверь, 1999. С. 54–57. **28.** Кот Н.А. Всплывание торфа в искусственных водоемах. Минск, 1980. 160 с. **29.** Лиштван И.И., Базин Е.Т., Косов В.И. Физические процессы в торфяных залежах. Минск, 1989. 284 с.

Restoration - regenerations of cutover mires

V.V. Panov

In article considered basic concepts, connected with restoration of cutover mires. The regeneration of mires is defined as process of the restoration the form and systems of the self-regulation by growing mires after their destructions. It is motivated main purpose aim of the

restoration of cutover mires - a restoration to their wholeness. Main attention on study of the spontaneous regeneration mires as bases of the scientific motivation of the problems of their restoration.

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРОДУКТОВ ПЕРЕРАБОТКИ ТОРФА В КАЧЕСТВЕ СРЕДСТВ ЗАЩИТЫ РАСТЕНИЙ ОТ БОЛЕЗНЕЙ

Л.Н. Сысоева, Т.И. Бурмистрова, Н.М. Трунова

Сибирский НИИ торфа СО РАСХН, г. Томск, sibniit@mail.tomsknet.ru

На примере яровой пшеницы рассматривается применение торфяных гуминовых препаратов из верхового слаборазложившегося сфагнового торфа в качестве индукторов устойчивости растений от грибных болезней.

Защита растений - один из важнейших элементов технологии выращивания сельскохозяйственных культур. Долгое время наука и практика защиты растений стояли на позициях ликвидации вредных организмов, что предусматривало тотальность, объемы и масштабы применения химических средство защиты растений. И следствием этого явилось загрязнение окружающей среды, получение сельскохозяйственной продукции, содержащей остаточное количество пестицидов [1].

Современная наука о защите растений ориентирована на применение интегрированных способов, включающих экономически целесообразные и экологически безопасные организационно-хозяйственные, агротехнические, биологические, генетические и химические методы. На практике преимущества отдаются химическому методу. Но несмотря на то, что новое поколение химических средств защиты растений предусматривает применение значительно более низких доз, эти препараты не лишены недостатков. При длительном применении фунгицидов патогены вырабатывают штаммы резистентные к ним [2]. Более жесткие требования предъявляются к технологии их применения. Высокая эффективность фунгицидов нового поколения в подавлении инфекции не освобождает полученную продукцию от токсичных продуктов жизнедеятельности фитопатогенов [3].

Альтернативой химическому методу защиты растений от болезней является использование веществ структурно несовместимых с патогенами, заражающими растения. Они изменяют метаболизм растений в сторону, неблагоприятную для питания, роста и размножения вредных организмов, индуцируя иммунитет растений. В отличие от фунгицидов, они экологически безопасны, не загрязняют окружающую среду токсическими остатками, не вызывают резистентности к ним патогенов [4]. Технологически самым простым способом индуцирования устойчивости растений является применение биологически активных веществ (БАВ). Перспективность этого способа в том, что получать можно бесчисленно много соединений, влияющих на те или иные звенья их метаболизма.

В настоящее время разработаны и запатентованы в качестве многоцелевых стимуляторов защитных реакций такие препараты как иммуноцитофит на основе по-

линенасыщенных кислот с высоким содержанием арахидоновой кислоты. На молекулярном уровне спектр действия арахидоновой кислоты может быть объяснен влиянием как на процессы экспрессии генов защиты, так и генов, осуществляющих контроль за ростовыми факторами, фитогормонами, факторами дифференцировки, развития и метаболизма [5]. Производные хитина и препараты на его основе «Нарцисс» и «Хитозан» используют как индукторы устойчивости растений, запускающие различные защитные реакции растений от действия фитопатогенных микроорганизмов. Эти реакции характеризуются усилением синтеза фитоалексинов, веществ возникающих в ответ на появление инфекции с целью противостояния ей, повышением активности ряда ферментов, таких как хитиназа, В-глюканазы, ингибиторы протеиназ [6]. К этому же классу препаратов относится «Новосил» и его модификации, полученные из сырья деревьев хвойных пород, действующим веществом которых являются тритерпеновые кислоты, фенолы, флаваноиды и другие соединения [7].

Среди перечисленных индукторов иммунитета растений особое место занимают продукты гидролитической деструкции торфа.

В ИПИПРЭ НАН Беларуси был разработан препарат «Оксигумат», обладающий фунгицидными свойствами, т.е. способный подавлять грибные инфекции. Для получения этого препарата использовался хорошо разложившийся торф (степень разложения 20-25 %) с низкой зольностью (7.6 %). Окислительно-щелочной гидролиз проводился в присутствии в качестве катализатора соли кобальта [8].

Кобальт в составе торфяного препарата оказывает разностороннее влияние на процессы метаболизма растений, в том числе на гормональный обмен, ингибируя образование этилена и инактивируя ауксиноокисдазы, а также стимулирует синтез вторичных метаболитов, активируя ферменты синтеза фенольных соединений. Ионы кобальта повышают уровень эндогенных полиаминов в растениях, уровень феррохелатазной активности с последовательным увеличением концентрации ионов Fe^{2+}, участвующих в цитохромном пути транспорта электронов [9].

В наших исследованиях по разработке на основе торфа средств защиты растений от грибных инфекций был выбран верховой слаборазложившийся сфагновый торф (месторождение «Темное»). Препараты были получены перекисно-щелочным гидролизом без катализатора (оксидат) и с использованием в качестве катализатора соли кобальта или цеолита пегасина [10]. При выборе сырья руководствовались тем, что при гидролизе этого торфа образуется значительное количество моносахаридов, которые могут связывать и нейтрализовать агрессивные продукты жизнедеятельности фитопатогенов. Кроме того, в гидролизатах обнаружено 15 аминокислот, в том числе незаменимые – лизин, валин, типтофан, фенилаланин, лейцин, фенольные соединения – фенолкарбоновые кислоты, катехины, флавонолы [11], способные включаться в обмен веществ фитопатогенов и нарушать его.

Исследование фунгицидной активности препаратов по отношению к чистым культурам фитопатогенных грибов Helmintosporium sat., Fusarium sp., вызывающих корневые гнили зерновых культур и Rhizoctonia sol. показало, что препараты, полученные различными способами, отличаются по способности ингибировать рост грибов [12]. По разному реагируют на действие препаратов и отдельные куль-

туры фитопатогенных грибов. Наиболее устойчивым является гриб Fusarium sp., а самым эффективным по отношению ко всем культурам грибов является препарат оксигумат (катализатор цеолит) [13].

Проверка в лабораторных условиях влияния обработки семян яровой пшеницы, зараженных Helmintosporium и Alternaria, торфяными препаратами в концентрации 0.1 % по гуминовым кислотам на снижение инфицированности и посевные качества семян показала, что оксигумат (катализатор соль кобальта) проявил более высокую активность в подавлении инфекции по сравнению с другими препаратами в том числе с химическим протравителем «Дивиденд», не ухудшая показателей энергии прорастания и всхожести семян (табл.1).

Дальнейшие исследования были направлены на определение оптимальных концентраций препаратов для использования их в борьбе с корневыми гнилями яровой пшеницы. Концентрации препаратов изменялись от 0.005 до 0.1 % (табл. 2). Тестирование проводилось на культуре Fusarium oxp. и оно показало, что препараты, полученные с использованием катализаторов, обладают практически одинаковой ингибирующей способностью как при концентрации 0.05, 0.1 %, так и при 0.005 %.

Таблица 1

Влияние обработки семян яровой пшеницы торфяными препаратами на снижение инфицированности и посевные качества

Показатель	Контроль	Дивиденд	Концентрация			
			Гумат натрия, 0.75 %	Оксидат, 0.1 %	Оксигумат (соль кобальта), 0.1 %	Оксигумат (цеолит), 0.1 %
Энергия прорастания, %	57	58	59	60	56	59
Всхожесть, %	73	74	76	77	78	84
Гельминтоспориоз, %	21.2	9.2	15.1	12.1	6.8	12.5
Альтернариоз, %	42.2	16.3	27.3	12.1	6.8	15.0

Таблица 2

Влияние концентрации торфяных гуминовых препаратов на ингибирование роста культуры Fusarium oxp.

Концентрация препарата, %	Подавление роста Fusarium oxp., %		
	Оксидат	Оксигумат (соль кобальта)	Оксигумат (цеолит)
0.005	31.2	40.2	32.4
0.0075	35.5	29.2	26.4
0.01	27.7	32.9	22.2
0.05	21.6	36.4	41.0
0.075	29.2	33.3	31.5
0.10	17.8	40.7	32.0

Использование препаратов указанных концентраций для обработки семян и вегетирующих растений в фазе кущения и колошения-цветения при выращивании

яровой пшеницы свидетельствует об эффективности применения торфяных препаратов из верхового сфагнового торфа в качестве средств защиты этой культуры от корневых гнилей.

В условиях неблагоприятных погодных условий вегетационного периода 2003, 2004 гг. (избыток влаги, низкие ночные температуры в фазу колошения-цветения) торфяные препараты обеспечили снижение распространенности и развития болезни. Этот эффект наблюдался при использовании как инфицированных (2003 г.), так и здоровых семян (2004 г.). Об этом свидетельствуют и показатели структуры урожая, урожайность, качественные показатели зерна урожая (табл. 3).

Кроме того, в отличие от большинства фунгицидов, применение которых для предпосевной обработки семян приводит к довольно продолжительному угнетению микрофлоры ризосферы пшеницы [14], торфяные препараты не угнетают, а, наоборот, инициируют отдельные группы микрофлоры, что свидетельствует об экологической совместимости торфяных препаратов с почвой.

Таблица 3

Влияние торфяных гуминовых препаратов на урожайность и качество зерна яровой пшеницы

Вариант опыта	Урожайность, ц/га	Масса 1000 зерен, г	Содержание клейковины, %	Содержание белка, %	Пораженность болезнями, %
2003 г.					
Контроль	17.8	32.7	31.2	14.0	не опр.
Фунгицид Максим	17.5	32.6	31.6	14.1	не опр.
Оксидат	19.8	33.5	33.7	14.0	не опр.
Оксигумат (соль кобальта), 0,005%	21.5	34.9	34.6	14.0	не опр.
Оксигумат (цеолит), 0,005%	20.8	34.9	34.5	13.4	не опр.
$НСР_{05}$	1.6	-	-	-	-
2004 г.					
Контроль	33.8	34.1	32.6	13.3	33.0
Фунгицид Максим	31.6	36.1	33.9	14.4	25.0
Оксидат	33.7	37.2	34.4	14.8	24.0
Оксигумат (соль кобальта), 0,005%	36.0	36.4	36.1	15.4	23.0
Оксигумат (цеолит), 0,05%	32.8	32.8	36.5	34.0	16.3
Оксигумат (цеолит), 0,005%	45.5	39.7	38.7	14.9	20.0
$НСР_{05}$	8.7	-	-	-	-

Примечание: «-« не рассчитано.

Таким образом, одним из важных направлений применения торфопродукции является использование торфяных препаратов – продуктов гидролитической деструкции верхового слаборазложившегося сфагнового торфа в качестве средств защиты растений от грибных инфекций, в частности, защиты яровой пшеницы от корневых гнилей.

Оксигуматы (катализатор соль кобальта или цеолит) оказались более эффективными по сравнению с оксидатом.

Наличие ингибирующего эффекта у препаратов по отношению к культурам фитопатогенных грибов при низких (0.005 %) и довольно высоких (0.1 %) концентрациях свидетельствует о существовании различных механизмов защиты растений от болезней.

Причем, при концентрации 0.1 % препараты, вероятно, работают как фунгициды, подавляя инфекцию, а при концентрации 0.005 % проявляют себя как стимуляторы, адаптогены индукторы иммунитета растений, что и обеспечивает в этом случае высокие показатели по урожайности и качеству зерна пшеницы.

Литература

1. Лесовой М.П. Основы концепции защиты растений на Украине // Защита и карантин растений. 2003. № 9. С. 14-16. **2.** Захаренко В.А. Пестициды в интегрированной защите растений / / Агрохимия. 1992. № 12. С.32-36. **3.** Андросова В.М., Есауленко Е.А. Загрязнение фузариотоксинами различных по толерантности к Fusarium Graminearum сортов озимой пшеницы и пути его снижения // Агрохимия. 1996. № 11. С.122-125. **4.** Дьяков Ю.Т. Индуцирование иммунитета // Защита растений. 1987. № 8. С.28-29. **5.** Кульнев А.И., Соколова Е.А. Многоцелевые стимуляторы защитных реакций роста и развития растений (на примере препарата иммуноцитофит). Пущино, 1997. 100 с. **6.** Максимов И.В., Черепанова Е.А., Ахметова И.Э. Участие хитина и его олигомеров в индуцированной устойчивости растений против фитопатогенов // Агрохимия. 2004. № 8. С.77-89. **7.** Чекуров В.М, Сергеева С.И., Жалиева Л.Д и др. Новые регуляторы роста растений // Защита и карантин растений. 2003. № 9. С.20-21. **8.** Авт. св. Способ получения средства защиты растений от болезней / Наумова Г.В., Косоногова А.В., Комарова М.С. 1988. 1624726. **9.** Касьянова А.Ю., Баширова Р.М., Кудашкина Н.В. Влияние внесения Со SO_4 на содержание кумаринов в ANGelica ARCHA NYELAL // Химия растительного сырья. 2004. № 1. С.41-45. **10.** Патент. Способ получения средства для защиты растений от грибковых заболеваний // Бурмистрова Т.И., Сысоева Л.Н., Трунова Н.М., Терещенко Н.Н. 2003. № 2216172. **11.** Наумова Г.В. Торф в биотехнологии. Минск, 1987. 151 с. **12.** Бурмистрова Т.И., Сысоева Л.Н., Трунова Н.М., Терещенко Н.Н. Торфяные гуминовые препараты как средства защиты растений от грибковых заболеваний // Материалы международной научно-практической конференции «Высокие технологии добычи, глубокой переработки и использования озерно-болотных отложений. Томск, 2003. С. 119-120. **13.** Сысоева Л.Н., Трунова Н.М., Бурмистрова Т.И., Терещенко Н.Н. Применение торфяных гуминовых препаратов в качестве средств защиты яровой пшеницы от корневых гнилей // Тезисы III Всероссийской конференции «Гуминовые вещества в биосфере». С-Пб., 2005. С. 117-118. **14.** Торопова Е.Ю., Якушева Т.О. Влияние влагообеспеченности растений на эффективность предпосевного протравливания семян // Защита сельскохозяйственных культур от болезней и вредителей в Сибири. Новосибирск, 1992. С. 61-67.

Perspectives of use products of processing of peat as means of a guard of plants from illnesses

L.N. Sysoeva, T.I. Burmistrova, N.M. Trunova

In this paper is considered application peat humic preparations from oligotrophic low decay Sphagnum fuscum in quality inductors of stability of plants from fungus illnesses for example of summer wheat.

ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РЕКУЛЬТИВАЦИИ И КОМПЛЕКСНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НАРУШЕННЫХ БОЛОТНЫХ ЭКОСИСТЕМ

А.Н. Уланов

Кировская лугоболотная опытная станция ВНИИ кормов им. В.Р. Вильямса

На примере выработанных торфяных месторождений Кировской области (Россия) представлены особенности и хозяйственная ценность этих природных объектов по окончанию торфоразработок. Предложена система рекультивации и последующего комплексного использования нарушенных торфяников в народном хозяйстве. Совместная сельскохозяйственная, лесохозяйственная, рыболовно-охотничья, лекарственно-промысловая и прочая деятельность в границах одной или нескольких болотных экосистем позволяет поднять общую биоэнергетическую продуктивность ландшафта в 1.5-2 раза.

Методика исследований

Работа проводилась путем агрохимического и почвенно-мелиоративного обследования наиболее крупных частично или полностью выработанных торфомассивов Кировской области: «Дымное» - 34.5 тыс. га, «Пищальское» – 18.6 тыс. га, Зенгинское – 6 тыс. га и др. Основным объектом исследований, где заложена система многолетних полевых стационаров является низинный торфомассив «Гадовское», на большей части которого производилась фрезерная торфодобыча. Непрерывные наблюдения на некоторых стационарах проводятся более 30-60 лет. Ботанический состав торфа древесный, древесно-осоковый, степень разложения 20-60 %, объемная масса – 0.11-0.40 г/см^3. Метод исследований – лабораторно-полевой.

Результаты исследований

Более чем 40-летний опыт Кировской лугоболотной опытной станции показывает, что процесс биологической рекультивации антропогенных болотных ландшафтов проходит значительно быстрее и с большим экономическим эффектом, если применяется принцип комплексности, то есть когда луговые угодья в определенной последовательности чередуются с лесными полосами или участками леса (искусственного или естественного). Часть выработанной территории, освоение которой связано с неоправданно крупными затратами или просто технически невозможно, выводится из сельскохозяйственных угодий и в дальнейшем используется как рекреационная зона в рыболовно-охотничьем хозяйстве. Предлагаются различные технологии комплексного использования осушенных торфяных месторождений. Однако, практически все они предусматривают торфодобычу [1, 2]. Предлагаемая нами схема эту деятельность исключает полностью.

В соответствии с разрабатываемой нами структурой ландшафта основная часть выработанной территории (70-75 %) используется в сельскохозяйственном производстве, в частности, в кормопроизводстве. Освоение и использование выработок для выращивания кормовых культур сопряжено со многими организационно-техническими трудностями и некоторыми неблагоприятными особенностями этих почв. Как правило, выработки имеют крайне низкое естественное плодородие. Это,

прежде всего, низкая обеспеченность фосфором и калием. Их валовые запасы не превышают 50-100 мг/100 г. При этом только 20-25 % фосфора и 3-30 % калия от общего количества находится в доступной для растений форме. Кроме того, многие выработанные участки характеризуются повышенным содержанием железа (до 300-1000 мг/100 г), подвижного алюминия (3-5 мг/100 г), иногда серы (до 3 %), сравнительно невысокой степенью насыщенности основаниями (60-70 %), неотрегулированным водным и достаточно жестким температурным режимом. К этому добавляется присущая только выработкам еще одна особенность – крайняя невыровненность остаточного слоя торфа, которая приводит к огромной почвенной пестроте, а это, в конечном счете, значительно снижает продуктивность кормовых культур.

Обследование недавно выработанных торфяников показывает, что лишь 20-25 % площадей можно отнести к торфяным выработанным, остальную их часть к торфяно- и торфянисто-глеевым выработанным. На некоторых торфомассивах около 30 % площадей выработано полностью - до подстилающей породы. К этому следует добавить, что при бессистемном и интенсивном режиме использования оставшийся слой торфа через 10-15 лет, а иногда и значительно раньше исчезает практически бесследно. Бывшая торфяная залежь превращается в органо-минеральные, а в последствии в обычные минеральные почвы, содержание гумуса в которых не превышает уровень зональных (дерново-подзолистых) почв. Аналогичная, достаточно скоротечная эволюция на мелкозалежных торфяных и выработанных почвах, подстилаемых песками, наблюдается во многих регионах, в частности, в условиях Белоруссии [3].

Следовательно, вся технология рекультивации и сельскохозяйственного использования выработок с самого начала освоения должна базироваться на применении агромелиоративных приемов способствующих ускорению окультуривания почвы, максимальному выравниванию свойств, снижению почвенной пестроты и сохранению органического вещества торфа.

В качестве средств, повышающих плодородие выработанной почвы, изучалось действие соломы - (20-40 ц/га), навоза (20-120 т/га), активного ила бытовых стоков (30 т/га), сидератов (рапс яровой), минеральных удобрений в различных сочетаниях, извести, песка 200-800 $м^3$/га, глины 400 $м^3$/га. Из всех мелиорантов наибольшим и продолжительным эффектом (более 15 лет) отличались песок и глина, выборочно используемые на участках, где остаточный слой торфа превышает 40, а местами достигает 100-120 см. Внесенный грунт улучшает физические, водно-физические и агрохимические свойства таких почв. В среднем за летний период на 1.5-2.7^{0}С увеличивается температура пахотного слоя, на 15-20 дней ускоряется оттаивание почвы. Действие песка на микроклимат приземного слоя воздуха прослеживается до 50 см над поверхностью, в почве – до 80-160 см. В пескованном слое в 2-3 раза увеличиваются запасы подвижных соединений фосфора и на 40-50 кг/га подвижного калия. В результате глинования общее количество минеральных фосфатов возрастает до 32 % от валового, большая их часть предоставлена фосфатами кальция. Хотя валовые запасы калия при глиновании увеличиваются в 6-7 раз, более чем на 90 % они состоят из необменных форм. Кроме того, глина значи-

тельно снижает в почвенном растворе содержание ионов водорода, значение pH меняется с 4.5 до 6.7. Устанавливается более оптимальный режим влажности почвы, на 30-70 мм уменьшается непродуктивное испарение влаги. Установлено, что действие песка и глины на величину урожая, его качество и экономические показатели практически одинаково, однако глина, в отличие от песка, способствует развитию ассоциаций микроорганизмов осуществляющих глубокую трансформацию гумусовых веществ и закрепление их в достаточно устойчивые минерально-гумусовые комплексы.

Включение в технологию освоения приема «землевания», внесение на предельно сработанные и маломощные участки больших доз навоза, использование сидеральных удобрений, дифференцированное, в зависимости от слоя торфа, внесение минеральных удобрений позволяет значительно ускорить время окультуривания выработанной почвы, а главное, уменьшить почвенную пестроту и уменьшить темпы минерализации органического вещества торфа. При этом существенно экономятся минеральные удобрения.

Выработанные торфяники – далеко не самая благоприятная среда для развития многих культурных растений. Было изучено около 90 видов и сортов различных кормовых культур на предмет их способности давать качественное сырье для производства кормов и семена. Для широкого внедрения было предложено не более 15-20 видов зерновых, силосных и многолетних трав. Многолетний опыт и практика свидетельствуют о том, что кормопроизводство на мелкозалежных и выработанных торфяниках, должно базироваться, главным образом, на луго-пастбищном травосеянии. Именно многолетние травы в большей степени отвечают эколого-хозяйственным требованиям притеррасно-пойменного мелиоративного земледелия. В условиях выработок наиболее высокоурожайными и устойчивыми являются одновидовые травостои костреца безостого, овсяницы луговой, тимофеевки луговой или смеси из этих трав. Двуукосное использование на сено в фазе колошения обеспечивает самое высокое продуктивное долголетие травостоев с доминированием этих злаков. На выработанных и мелкозалежных торфяниках в состав многолетних травосмесей весьма полезно доминантом включать клевера: луговой и гибридный.

Одно из перспективных направлений использования торфяных почв – создание на них долголетних культурных пастбищ. Наличие пастбищных загонов является почти обязательным элементов культурного болотного ландшафта, которые обычно расположены на мелкозалежных и выработанных окрайках торфяника. Убедительным примером правильности этого пути является один из пастбищных участков, залуженный в 1935 году. Была высеяна смесь из клеверов белого и розового, мятликов лугового и болотного, овсяниц красной и луговой, лисохвоста лугового, полевицы белой и райграса высокого. Спустя 68 лет луговой ценоз существенным образом изменился и был представлен 53 видам, где преобладали лисохвост луговой (30-35 %), пырей ползучий (28-30 %) и мятлик луговой (10-15 %). Перестройка ботанического состава практически не отразилась на продуктивности травостоя, составляющей по годам 4-6 тыс. к. ед. Правильный режим использования позволяет на протяжении нескольких десятилетий на площади 25 га в

течение сезона содержать стадо в 150 голов при среднегодовых надоях 6000-7000 литров.

Применительно к окрайкам торфомассивов следует отметить еще один вид сельскохозяйственной деятельности – огородно-садоводческий. Несравнимо высокий агрофон, предельно интенсивное воздействие приводит к быстрейшему разрушению небольшого слоя торфа (как правило, древесного), однако в этом случае впоследствии образуется качественно новая и более плодородная минеральная почва с высоким содержанием гумуса.

При формировании культурного болотного ландшафта огромное значение отводится лесной культуре, ее соотношению с луговыми угодьями. Положительная роль леса здесь рассматривается, прежде всего, в связи с организацией предупредительных мер, препятствующих развитию почвенно-эрозионных и дефляционных процессов, необходимостью оптимизации микроклимата приземного слоя, ускорения почвообразовательных процессов под лугом, созданием среды обитания для охотничье-промысловой фауны.

Если под кормовыми угодьями используются в первую очередь участки с запасами торфа не меньше 30 см, то под лесопосадки отводят площади сильно или полностью сработанные. Как показывают наблюдения, древесная растительность лучше приживается и быстрее развивается на выработанной, хорошо осушенной почве с высокозольным, придонным травянисто-древесным торфом. На участках с большими запасами низкозольного, слаборазложившегося гипново-осокового торфа большинство древесных культур находятся в угнетенном состоянии с момента посадки или самосева.

Сложность проблемы состоит в том, что искусственная лесополоса или участок леса в полную меру может функционировать лишь через 15-20 лет после высадки. За это время многие нежелательные процессы могут выйти из-под контроля. Поэтому лесопосадки необходимо закладывать одновременно со строительством и реконструкцией регулирующей мелиоративной системы. Многолетние наблюдения за ролью лесополос в формировании лесолугового болотного агроландшафта позволили определить некоторую структуру и систему лесопосадок. Высота и ширина лесополос должна быть не меньше 10-15 м, древостой смешанный из традиционных кустарниковых и хвойно-лиственных пород: сосна, ель, береза, осина, ива, ольха. Оптимальная конструкция лесополос многоярусная, ажурно полупродуваемая, расположенная под углом к господствующему направлению ветра. Лучше всего лесополосы размещать на одном из берегов мелиоративного канала. Выбросы подстилающей породы, перемешанные с торфом, способствуют быстрому развитию древостоя. Лесополосы на выработках необходимо чередовать с небольшими участками (2-5 га) лесопосадок из ели или сосны обыкновенной. Заслуживает внимание, на наш взгляд, следующее предложение. При подготовке осушенного болота к эксплуатации часть девственного леса в виде лесных полос на небольших участках следует оставлять нетронутыми. Совершенно очевидно, что процесс окультуривания выработанных земель в этих условиях будет проходить значительно быстрее.

На разных выработанных торфомассивах суммарная доля леса в ландшафте составляет 15-30 %. Однако, наибольшее хозяйственно-экологическое значение имеют сплошные залесенные территории в 300 – 600 га. Только здесь на основе еловых или сосновых посадок за 30-40 лет формируется близкий к естественному, полноразвитый лиственно-хвойный, кустарниково-древесный биоценоз. Такие массивы удачно вписываясь в общую структуру ландшафта, служат местом обитания, зоной покоя и воспроизводства для многих возвращающихся сюда охотничье-промысловых птиц и зверей. Кроме того, вновь созданный лесной массив интенсивно используется местными жителями в качестве зоны отдыха и промысла грибов и ягод, не уступая по продуктивности девственным лесам. Промышленный запас древесины при этом достигает 600-700 м^3/га.

Учитывая сложность рекультивации многих нарушенных торфомассивов, некоторые специалисты предлагают их не осваивать совсем, а оставлять в естественном состоянии. В настоящее время довольно известно мнение о том, что бывшее болото лучше вновь восстановить в его прежних границах. Идея реанимации болот, несомненно, очень привлекательна, особенно в условиях, когда не представляется возможным дальнейшее регулирование водного режима на полях торфодобычи. В этой связи внутри каждого нарушенного болотного комплекса предлагается выделять такие участки (экологические заповедные зоны) с целью изучения динамики «самовосстановления», процессов вторичного заболачивания и торфонакопления в его ранних стадиях.

Наблюдения показывают, что даже спустя 10-15 лет с момента прекращения торфодобычи, значительная часть торфяников имеет вид безжизненной техногенной пустыни, покрытой, в лучшем случае, скудной древесно-кустарниковой и болотной растительностью. В результате водно-ветровой эрозии часть торфа безвозвратно исчезает. Процесс активного заболачивания наблюдается на 20-30 % площадей. Выведенная из равновесия экосистема рано или поздно обретает устойчивое состояние, в целом же «самовосстановление» болотного ценоза – процесс чрезвычайно замедленный, неравномерный и весьма непредсказуемый.

В зависимости от особенностей торфомассива и его размеров зоны естественного зарастания могут иметь разную площадь: от 30 га («Гадовское») до 1500 га («Пищальский»). Кроме разведения и сбора болотных лекарственных растений (аир, череда, рогоз, сабельник, валериана и др.) всякая культуро-техническая деятельность здесь исключается.

Достаточно широкие нетронутые лесные окрайки болот, система искусственных лесных массивов и лесных полос, мозаичная сеть открытых мелиоративных каналов и пожарных водоемов, участки естественного зарастания внутри самого торфомассива – все это может быть отличной природной базой для еще одного вида хозяйственной деятельности – рыболовно-охотничьего производства.

Наблюдения, проводимые совместно с биологами-охотоведами на торфомассивах различной степени нарушенности показывают, что применение экологически чистых технологий возделывания кормовых и лесных культур, наличие в лесных и сельскохозяйственных угодьях специально выделенных зон покоя и воспроизводства, организация кормовой базы позволяет поддерживать численность и разнообразие охотничьей фауны на достаточно высоком уровне, несмотря на вы-

сокий фактор беспокойства. По данным учетов только основных охотничье-промысловых видов может насчитываться около 27. Среди них: лось, кабан, бобр, барсук, лисица, норка, горностай, тетерев, утка и др.

Таким образом, принцип комплексности основанный на гармоничном сочетании основных видов человеческой деятельности представляет собой наглядный пример оптимального природопользования позволяющий в 1.5-2 раза увеличить общую биологическую продуктивность посттехногенного лесо-лугового болотного агрозооландшафта. Лишь такой подход позволит сравнительно быстро вернуть в народное хозяйство нарушенные промышленностью экосистемы.

Литература

1. Горшков Л.А., Карелин Т.И., Попов В.И. и др. Комплексное использование торфяных болот. М., 1969. 120 с. **2.** Тарасова А.А., Емельянова И.М. Комплексное использование торфяных болот в Нечерноземной зоне. Л., 1982. 190 с. **3.** Барсуков А.И., Филиппов В.Н., Мотков И.П. и др. Эволюция мелкозалежных торфяных почв Полесья под влиянием мелиорации и сельскохозяйственного использования // Мелиорация переувлажненных земель / Сб. трудов. Минск, 2000. Том XLVIII. С. 222-231.

Basic directions of recultivation and complex uses cutover peatlands

A.N. Ulanov

By the example of the cutover peatlands Kirov Region (Russia) are submitted to feature and economic value of these natural objects after exploitation of peat deposit are presented. The system of recultivation and subsequent complex use of the cutover peatlands in the economics is presented.

Часть II.
СИМПОЗИУМ МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ

ХАРАКТЕРИСТИКА МИКРОБНЫХ КОМПЛЕКСОВ ТОРФЯНОЙ ПОЧВЫ ПРИ РАЗНЫХ ТЕМПЕРАТУРАХ

П.С. Арсеньев, Т.Г. Добровольская, П.А. Кожевин

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова,
soilbac@soil.msu.ru

Изучено влияние температуры на таксономический состав бактериальных комплексов разных слоев торфяной почвы. Понижение температуры инкубации с 20-25^{0}С до 8-10^{0}С приводит к резкому снижению бактериального разнообразия и оказывает подавляющее действие на рост бацилл и других бактерий гидролитического комплекса, замедляя, таким образом, процессы разложения растительных субстратов.

Болотные экосистемы являются важной частью ландшафтов во многих климатических зонах. Хорошо известна их роль в регуляции водного режима окружающих территорий, в питании рек. При анализе природных ресурсов болота оцениваются как естественные резервуары, содержащие огромное количество органического вещества, т.е. как территории, содержащие большие запасы углерода, иммобилизованных азота и кислорода.

Микробные сообщества болотных почв изучались в 80-е годы на уровне физиологических групп [1, 2], а затем с 90-х и по настоящее время сотрудниками кафедры биологии почв МГУ [3] на уровне родов. В последнее время появился ряд публикаций зарубежных авторов [4, 5], обративших внимание на экологические факторы, которые определяют жизнедеятельность микроорганизмов в торфяных почвах. В качестве факторов, ингибирующих микробную активность торфяников и ведущих к аккумуляции огромных количеств мортмассы указаны: низкая температура, пониженная концентрация кислорода при постоянной насыщенности водой, присутствие веществ фенольной природы, низкие значения pH, особенно в олиготрофных торфах.

Целью настоящей работы было изучить влияние температуры культивирования на таксономический состав бактерий разных слоев торфяной почвы, обратив особое внимание на бактерии гидролитического комплекса – потенциальных деструкторов растительных остатков в болотных экосистемах.

Методика исследований

Объектом исследования послужили олиготрофные остаточно-эутрофные торфяные почвы. Болото образовано в карстовом провале глубиной около 6 м в пределах Ломинцевского геологического разлома. Подстилающими породами являются глины. Зольность торфяных почв составляет 23.9-24.7 %, степень разложения - 30 %, pH 4.1-4.5. Растительность - осоково-сфагновое сообщество. Верхние слои почвы представлены сфагновым переходным, а нижние – пушицево-сфагновым переходным торфом.

Образцы были отобраны в июне 2004 и октябре 2003 и 2004 годов в 5 разных точках в центральной части болота с глубин 0-50 и 100-150 см. Толщина торфяной сплавины на этом участке 2.52 м. Микрорельеф ровный, представлен “коврами” с редкими кочками.

Использовалась стандартная методика посева. Производилась десорбция на ультразвуковом диспергаторе с последующим посевом на глюкозо-пептонно-дрожжевую среду, а также среды с пектином, карбоксиметилцеллюлозой (КМЦ), крахмалом; культивирование проводили при двух температурах: 8-10 и 20-25^{0}С. Определяли общую численность бактерий и таксономический состав бактериальных сообществ по [6]. Оценивалась также способность чистых культур бактерий к росту при температуре 8-10^{0}С.

Состояние клеток определялось по методу расписания колоний [7, 8]. Чашки инкубировались при двух разных температурах. Подсчет числа колоний производился в начальный период каждые 2 часа, затем каждые 3, 4, 6 часов и в конце развития сообщества – каждые сутки.

Результаты исследований

При определении численности бактерий в исследуемой торфяной почве чашечным методом в большинстве случаев мы наблюдали равномерное распределение бактерий по профилю. В зависимости от сезона взятия образца численность варьировала от 1*10^3 в октябре 2004 г. до 8*10^7 КОЕ/г в июне 2004 г. Особую картину наблюдали в образцах торфяной почвы, отобранной в октябре 2004 г. - низкую численность бактерий и резкое различие между показателями численности при разных температурах. В образцах исследуемой почвы, отобранных в октябре 2003 г., при комнатной температуре в верхних слоях доминировали бактерии рода *Aquaspirillum* и *Bacillus*. Обнаруживалась также группа *Flavobacterium-Cytophaga* и коринеформные бактерии, но их доля составляет по 10 %. В нижнем слое монодоминантом являлись бактерии рода *Aquaspirillum,* все остальные группы выделялись в качестве минорных компонентов.

При снижении температуры культивирования до 8-10^{0}С в бактериальном комплексе как верхнего, так и нижнего слоя доминировали спириллы, представленные разнообразными по морфологии и размерам клетками. Иногда в качестве минорных компонентов выделялись коринеформные бактерии.

Бациллы в этих образцах были представлены видами *Bac. subtilis, Bac. cereus* и группой видов *Bac. firmus – Bac. Lentus,* спириллы – видами *Aquaspirillum sinuosum*, *A. dispar* и *A. aquaticum*. Коринеподобные бактерии включали роды *Arthrobacter* (желтопигментный), *Rhodococcus*, *Curtobacterium*. Скользящие бактерии были представлены группой *Flavobacterium-Cytophaga*.

Бактериальные комплексы торфа, отобранного в июле, характеризовались низким разнообразием. В обоих слоях монодоминантами были спириллы как при 8-10^{0}С так и при 20-25^{0}С. И только в верхнем слое при комнатной температуре в качестве минорных компонентов выделялись бациллы. Бактериальный комплекс образцов, отобранных в октябре 2004 г. кардинально отличается от вышеописанных. Здесь при температуре 20-25^{0}С как из верхних, так и из нижних горизонтов выделялись только бациллы. Они были представлены видами: *Bac. subtilis, Bac. cereus, Bac. sphaericus, Bac. polymyxa.*

При температуре 8-10^{0}С роста колоний на чашках не обнаруживалось даже при посеве из разведения 1:5. Это связано с неспособностью бацилл, доминирую-

щих в этих образцах, расти при низких температурах. Это подтвердилось и тем, что при инкубировании чистых культур бацилл разных видов в холодильнике роста культур не обнаруживалось.

Для выявления других форм бактерий, кроме бацилл, были произведены посевы на ряд других сред: с ацетатом, пируватом и сусло-агаром. На всех использованных средах при комнатной температуре в качестве монодоминантов были выявлены опять же бациллы, представленные теми же видами, что и на глюкозопептонной среде. При температуре 8-10^{0}С - бациллы не выделялись. В качестве минорных компонентов на разных средах удалось выявить и другие группы бактерий. При комнатной температуре это были цитофаги, стрептомицеты и миксобактерии. При температуре 8-10^{0}С - пигментированные коринеформные бактерии и спириллы.

Таким образом, использование дополнительного набора сред с разными источниками углерода не привело к изменению структуры бактериального сообщества. В качестве монодоминантов остались бациллы, которые ни на одной из сред при температуре 8-10^{0}С не выделялись. Увеличилось лишь разнообразие минорных компонентов.

На основании метода расписания колоний нами была определена способность бактерий к размножению при разных температурах. В образцах торфа, в которых доминировали спириллы, при комнатной температуре выделялось 2 субпопуляции.

Верхний и нижний слои практически не отличались по кривой появления колоний, но различались по таксономическому составу популяций. В верхнем горизонте первая субпопуляция была представлена бациллами, которые начинали размножаться уже через 25 ч, так как происходило прорастание спор, не требующее длительной лаг-фазы. Вторая субпопуляция, выделяющаяся по кривой появления колоний, была представлена спириллами, колонии которых появлялись через 55 ч. В слое 100–150 см бациллы отсутствуют и, следовательно, оба “скачка” обусловлены размножением спирилл (рис. 1, 2).

При низкой температуре закономерности в появлении колоний на чашках с посевами из разных слоев торфяника одинаковы. Выделилось 2 субпопуляции, которые представлены спириллами. Колонии первой субпопуляции появились через 65-74 часов после посева, а второй – через 143–152 часов (рис. 3). В условиях пониженной температуры клеткам бактерий необходимо значительно большее (в 3 раза) время для их “пробуждения”, что лишний раз подтверждает затормаживающее влияние пониженной температуры на развитие бактерий.

В образцах торфа, где в бактериальном комплексе доминировали бациллы, при температуре 20–25^{0}С выделялось 3 субпопуляции, представленные бациллами разных видов. Наименьшей лаг-фазой обладали бациллы вида *Bacillus cereus* (24 ч.). Следующей развивалась популяция *Bacillus subtilis* (через 30-32 часа после посева). Последней развивалась популяция *Bac. sphaericus* (через 52-54 часа после посева) (рис. 4).

Сказать что-либо о времени расписания колоний при температуре 8-10^{0}С невозможно в связи с отсутствием роста культур бацилл в таких условиях.

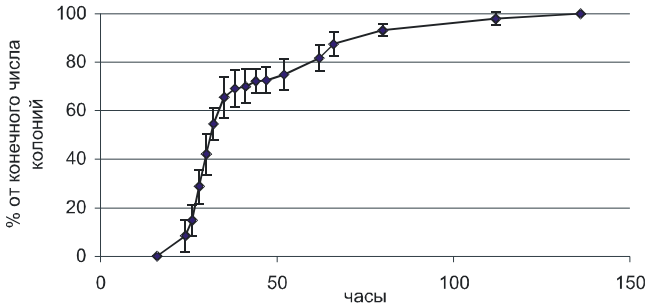


Рис. 1. Расписание появления колоний при посеве из слоя 0-50 см и инкубировании при 20-25°С. Доминанты - спириллы, бациллы.

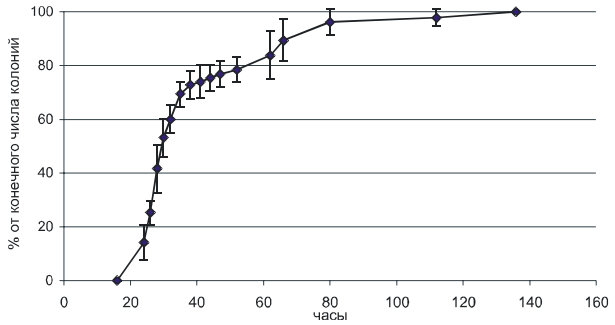


Рис. 2. Расписание появления колоний при посеве из слоя 100-150 см и инкубировании при 20-25°С. Доминанты - разные популяции спирилл.

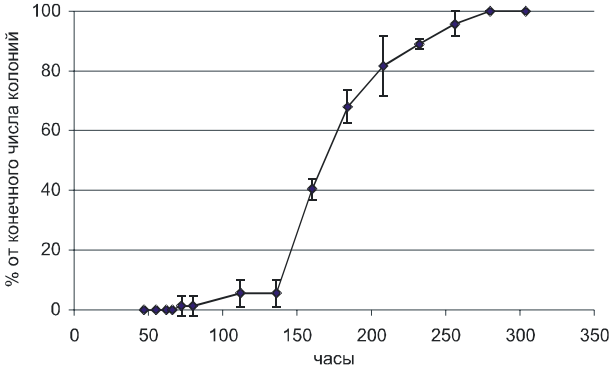


Рис. 3. Расписание появления колоний при посеве из слоя 0-50 см и инкубировании при 8-10°С. Доминанты – спириллы.

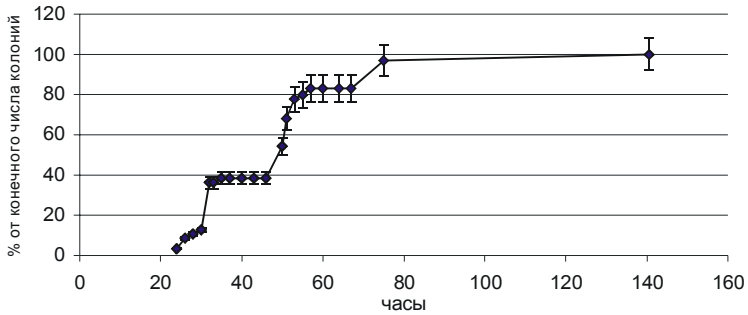


Рис. 4. Расписание появления колоний при посеве из слоя 0-50 см и инкубировании при 20-25°С. Доминанты – бациллы.

С целью определения влияния температуры культивирования на способность бактериальных комплексов торфяников разлагать полимеры был произведен посев методом репликаторов на среды с пектином, крахмалом и КМЦ. На всех средах с полимерами численность бактерий была очень низкой. Рост наблюдался при температуре 20 – 25^{0}С в большинстве случаев лишь из разведений 1:10. Колонии были представлены в основном бациллами, а в нижних слоях торфа – желтопигментными коринеформными бактериями. При температуре 8-10^{0}С роста не обнаруживалось.

Способность к разложению целлюлозы была также проверена путем раскладывания комочков на фильтровальную бумагу и выдерживания их при постоянной влажности в разных температурах. Разложения фильтровальной бумаги не наблюдалось в течение 4 месяцев ни при комнатной, ни при пониженной температуре. И лишь в варианте с верхним слоем торфа при комнатной температуре начали появляться небольшие зоны деструкции целлюлозы (после 5 месяцев).

Таким образом, установлено, что численность бактерий в исследуемой торфяной почве мало изменяется по глубине, но значительно варьирует по сезонам - от сотен тысяч до десятков миллионов КОЕ/г воздушно-сухой почвы. Таксономическая структура бактериальных комплексов торфяных почв изменяется как по слоям почвы, так и по сезонам. Понижение температуры инкубации с 20-25^{0}С до 8-10^{0}С приводит к резкому снижению бактериального разнообразия и оказывает подавляющее действие на рост бацилл и других бактерий гидролитического комплекса, замедляя, таким образом, процессы разложения растительных субстратов. Бактерии в разных слоях торфяной почвы жизнеспособны, но снижение температуры приводит к остановке роста одних форм бактерий, либо к увеличению длительности лаг-фазы других форм бактерий.

Полученные данные могут быть использованы в качестве фактов, объясняющих в какой-то мере замедленную бактериальную деструкцию растительных остатков в болотах, так как при пониженных температурах, характерных для болот, не размножаются большинство представителей гидролитического блока бактерий – бациллы, цитофаги, миксобактерии. При низких температурах доминируют копиотрофы и олиготрофы. Они представлены в исследуемой почве – спириллами, в

других типах торфяных почв – факультативно-анаэробными протеобактериями, и простекобактериями.

Литература

1. Ефимов В.Н. Торфяные почвы и их плодородие. Л., 1986. 263 с. **2.** Зименко Т.Г. Микробные ценозы торфяных почв и их функционирование. Минск, 1983. 179 с. **3.** Добровольская Т.Г., Головченко А.В. Эколого-таксономическая структура бактериальных сообществ лесных почв гидроморфного ряда // Вестник МГУ. Сер. 17. Почвоведение. 1999. № 1. С. 55-60. **4.** Shmidt S.K., Lipson D.A. Microbial growth under the snow: Implications for nutrient and allelochemical availability in temperate soils // Plant Soil. 2004. Feb. 259 (1-2): 1-7. **5.** Freeman C., Ostle N.J., Fenner N., Kang H. A regulatory role of phenol oxidase during decomposition in peatlands // Soil Biol. Biochem. 2004. V. 36. № 10. P. 1663-1667. **6.** Лысак Л.В., Добровольская Т.Г., Скворцова И.Н. Методы оценки бактериального разнообразия почв и идентификации почвенных бактерий. М., 2003. 120 с. **7.** Hattory T. Kinetics of colony formation of bacteria // Rep. Inst. Agr. Res. Tohoku Univ. 1985. Vol. 34. P. 1–36. **8.** Кожевин П.А. Микробные популяции в природе. М., 1989. 170 с.

Structural characteristics of microbial complex of peat soil at different temperatures

P.S. Arseniev, T.G. Dobrovolskaya, P.A. Kozhevin

The influence of temperature on bacterial complex of different layers of peat soil was investigated. The decrease of temperature from 20-25^{0}C to 8-10^{0}C leads to sudden decrease of bacterial diversity and inhibits the growth of hydrolytic bacteria. This is also the reason of slowed plant residues degradation.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ТРАНСФОРМАЦИИ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА ТОРФА

Д.А. Баженов

Сибирский НИИ торфа СО РАСХН, г. Томск, sibniit@mail.tomsknet.ru

В работе рассмотрены различные методы математического моделирования трансформации органического вещества торфа. Представлена статистическая модель выделения CO_2 из торфяной залежи, а также физико–химическая модель термического разложения торфа.

Вопросы математического моделирования различных экосистем давно и достаточно широко рассматриваются в литературе. К настоящему времени накоплен богатый материал по моделированию экосистем, как в естественных условиях, так и в условиях лабораторного эксперимента. Также существуют работы и по трансформации органического вещества твердых горючих ископаемых (торф, бурый уголь и т.п.). Безусловно, что все модели имеют свою специфику и, тем не менее, их можно разделить на два типа:

1) модели, построенные на основе принципа «черного ящика»;

2) модели, в основе которых лежат физико–химические, микробиологические процессы.

Модели первой группы позволяют выявить и в математической форме представить зависимости между различными параметрами, которые очень сложно записать в виде физико–химических выражений. Так, в качестве значимых параметров на процесс газообразования CO_2 авторы [1] выделяют температура воздуха у поверхности почвы, уровень грунтовых вод и величину pH. В другом случае [2] на CO_2–газообмен участка болота наибольшее влияние оказывают 5 факторов: освещенность, температура воздуха, температура на глубине 2 см, уровень грунтовых вод, влажность мха. В обоих случаях в работах представлены регрессионные уравнения, связывающее все вышеуказанные параметры. Нами также был использован данный подход при построении регрессионных зависимостей выделения CO_2 из торфяной залежи как функция суммы температур и осадков за декаду:

$$CO_2 = a_{11} \cdot e^{\pm a_{12} \cdot \sum осадков} + a_{21} \cdot e^{\pm a_{22} \cdot \sum температур} + a_{31} \cdot e^{\pm a_{32} \cdot \sum осадков \cdot \sum температур}$$

В качестве исходных в работе использовались экспериментальные данные по выходу CO_2 в различных стационарных точках (2, 3 и 5) за период с 1998 по 2001 гг. Были получены зависимости, представленные на рисунке 1.

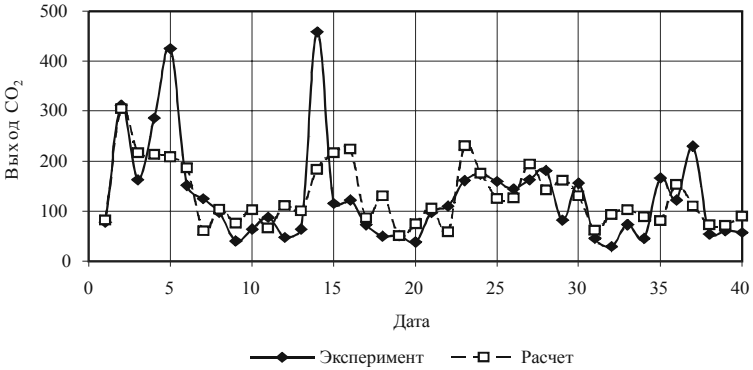


Рис. 1. Зависимость выхода CO_2 за 1998–2001 гг.

Уравнение: $CO_2 = 28{,}27 \cdot e^{-0{,}114 \cdot \sum OC} + 21{,}64 \cdot e^{-0{,}009 \cdot \sum T} - 5{,}30 \cdot e^{0 \cdot \sum OC \cdot \sum T}$.

Степень детализации второй группы моделей, построенных на основе физико–химических и микробиологических закономерностях, может быть различной. При этом следует различать модели трансформации органического вещества природных экосистем и твердых горючих ископаемых, а также модели трансформации в естественных условиях и в условиях лабораторного эксперимента. В этом случае влияние физико–химических и микробиологических факторов на процесс трансформации будет различно.

В литературе существует большое количество различных физико–химических моделей, как простых групповых, так и сложных, учитывающих явление переноса вещества в поровом пространстве, диффузию и т.п. Как правило, чем сложнее модель, тем она неопределеннее, т.к. оценка коэффициентов в сложной модели для реальных условий представляет сложную, а часто и не решаемую задачу. Так, в работе А.С. Керженцева с соавторами [3] предложена система линейных дифференциальных уравнений, описывающая взаимные превращения групповых компонентов (подстилка, гуминовые кислоты, фульвокислоты, негидролизуемый остаток) в ходе трансформации органического вещества в почве, с помощью которой найдены периоды формирования групповых компонентов. Также авторами в работах [4, 5] процесс разложения органического вещества в почве рассматривается как последовательно–параллельные стадии, происходящие в соответствующих горизонтах почвенного профиля, при этом в каждый конкретный горизонт вещество может поступать либо из предыдущего горизонта, либо с поступающим опадом. О.Г. Чертовым предложена концепция комплекса гумусовых веществ (КГВ) с неразложившимися растительными остатками, ответственного за фазу медленного разложения материала [6]. По мнению автора, в ходе минерализации растительные остатки пропитываются «молодыми» гумусовыми веществами и минерализуются уже со скоростью гумуса. Таким образом, разложение органического материала происходит как бы в две стадии. Модель, предложенная в работе [7] имеет ряд особенностей, наиболее важные из которых следующие:

- микроорганизмы рассматриваются как единственный деструктор растительных остатков, при этом сама биомасса почвенных организмов не рассматривается в модели как отдельный блок. Правда, авторы различают видовой состав организмов–деструкторов и связывают количество последних с составом опада и гидротермическими условиями;

- минерализация органического вещества рассматривается в целом, за исключением азота;

- влияние физико–химических свойств, диффузии, поступление азота извне и др. в работе не рассматриваются.

В качестве своего примера использования физико–химического подхода при моделировании можно привести модель процесса термической деструкции торфа [8]. Сложность математического описания заключалась в том, что в ходе процесса протекает множество разнообразных реакций с образованием многочисленных газообразных, жидких и твердых продуктов, при этом на реакции могут оказывать влияние (в том числе и каталитическое) минеральные компоненты, которые сами претерпевают химические изменения в процессе нагрева. Сильное влияние оказывает пространственное расположение функциональных групп, конформация отдельных структурных фрагментов и возможность изменения последней под влиянием теплового воздействия. Состав и выход продуктов термической деструкции торфа существенно зависят от условий нагрева (вакуум, давление, скорость нагрева), размера частиц, характера надмолекулярных образований и т.д. Высокое содержание кислорода в веществах торфа обуславливает их низкую термическую

стойкость, что приводит к развитию реакций термолиза уже при относительно низких температурах. Низкотемпературные реакции, несомненно, вызывают структурные изменения углеродистых продуктов и предопределяют их реакционную способность в средне – и высокотемпературных процессах термической деструкции торфа.

Как вариант математического описания физико–химических закономерностей термического разложения торфа была рассмотрена модель, описывающая процесс разложения, как совокупность реакций функциональных псевдокомпонентов. Например, в ходе термического разложения в низкотемпературном интервале (290–750 К) в химических реакциях участвуют, в основном, периферийные функциональные группы макромолекул (кислородсодержащие, азотсодержащие группы и углеродные цепочки). Такие группы, соединенные с малоактивным «ядром», и рассматривались в качестве функциональных псевдокомпонентов, а химические реакции записывались, как реакции их превращений. Для описания кинетики термического разложения торфа в этом случае использовалась следующая модель:

$$\frac{dR_i}{dT} = \frac{\sum k_{j1} \cdot \prod R_m^{n_1} - \sum k_{j2} \cdot \prod R_i^{n_2}}{b} + \sum \Delta R_{i,j1} - \sum \Delta R_{i,j2},$$

где R_i - концентрация i-го компонента; R_m - концентрация m-го компонента; n_1, n_2 - порядок реакций; k_{j1}, k_{j2} - константы скоростей реакций; b - скорость нагрева; $\sum \Delta R_{i,j1}$ - сумма i-го компонента за счет перехода функциональных групп в реакциях образования; $\sum \Delta R_{i,j2}$ - сумма i-го компонента за счет перехода функциональных групп в реакцияхрасходования. Начальные условия: $T=T_0$ $R_i=R_{in}$, $R_j=R_{jn}$.

При решении обратной кинетической задачи были получены кинетические параметры процесса, которые позволяют описывать кривые изменения концентрации групповых компонентов торфа с небольшой ошибкой (рис. 2).

Таким образом, физико–химические модели позволяют описать процессы трансформации органического вещества, выделить стадии образования тех или иных компонентов, определить параметры моделей. Все это дает возможность реально описывать систему для каждого конкретного случая со своими коэффициентами.

В случае природных систем описание процессов трансформации только на основе физико–химических представлений оказывается недостаточным. Наряду с физико–химическими, следует рассматривать и микробиологические процессы, которые во многом будут определять и степень трансформации органического вещества природных экосистем. Здесь следует выделять два аспекта функционирования микроорганизмов в экосистемах – процессы жизнедеятельности и процессы переноса. Также, важным является и влияние на устойчивость всей системы различных внешних факторов, что необходимо учитывать при построении модели.

Литература

1. Паников Н.С., Титлянова А.А., Палеева М.В., Семенов А.М. и др. Эмиссия метана из болот Западной Сибири // Доклады академии наук. 1993. Т. 330. № 3. С. 338–393. **2.** Курец В.К., Икконен Е.Н., Алм Ю., Таланов А.В. и др. Влияние светотемпераутрного режима и уровня грунтовых вод на CO_2–газообмен открытого участка олиготрофного болота // Эколо-

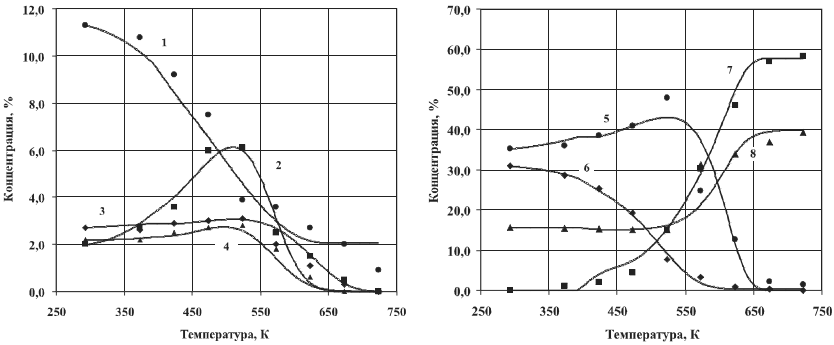


Рис. 2. Изменение концентраций групповых компонентов осокового торфа в ходе термолиза: 1 (●) – фульвокислоты; 2 (■) – водорастворимые вещества; 3 (♦) – битумы; 4 (▲) – целлюлоза; 5 (●) – гуминовые кислоты; 6 (▲) – легкогидролизуемые вещества;7 (■) – газообразные продукты; 8 (♦) – негидролизуемый остаток.

гия. 1988. № 1. С. 14–18. **3.** Керженцев А.С., Кузнецов М.Я., Кузнецова Е.В. О моделировании процесса трансформации органического вещества в почве // Информационные проблемы изучения биосферы. М., 1988. С. 76–84. **4.** Керженцев А.С., Кузнецова Е.В. Модель трансформации органического вещества в почве // Информационные проблемы изучения биосферы. Пущино, 1990. С. 69-76. **5.** Бугровский В.В., Зеленская Н.Н., Керженцев А.С., Ковда В.А.. Модель трансформации органического вещества в почве для количественного изучения функций почвы в экосистемах // Информационные проблемы изучения биосферы. Математическое моделирование природных систем. Геоинформационные центры. М., 1992. 192 с. **6.** Чертов О.Г. Имитационная модель минерализации и гумификации лесного опада и подстилки // Журнал общей биологии. 1984. Т.. XLVI. № 6. С. 794–803. **7.** Чертов О.Г., Комаров А.С. Имитационная модель динамики органического вещества почв // Вестник Санкт–Петербургского университета. Сер. 3. Вып. 1. № 3. С. 104–109. **8.** Баженов Д.А. Моделирование физико–химических закономерностей низкотемпературного разложения торфа: Дис. ... канд. хим. наук. Томск, 2000. 165 с.

Modeling of processes of transformation of organic substance of peat

D.A. Bazhenov

In work the different methods of mathematical model of transformation of organic matter of peat were surveyed. The statistical model of emission CO_2 from peat reservoir, and physico-chemical model of thermal decomposition of peat are represented.

ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ ДАННЫЕ ОБ УРОВНЯХ НАКОПЛЕНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ В ВЕРХОВЫХ БОЛОТАХ ЮГА ТОМСКОЙ ОБЛАСТИ

А.М. Беляева

Томский политехнический университет, amb2004@mail2000.ru

Приводятся данные средних содержаний элементов в торфах верховых болот юга Томской области, расположенных в районах с различной степенью антропогенной нагрузки. На основе уже имеющихся данных по болотам Васюганское, Чистое, Кирсановское и полученных данных по болотам Водораздельное и Иксинское вычислено среднее содержание элементов в верховых болотах юга Томской области. Установлено, что болото Васюганское характеризуется более низкими средними содержаниями большинства элементов.

Томская область, характеризующаяся высокой заболоченностью территории, представляет собой уникальный объект для изучения болот в самых различных направлениях. Большая часть территории Томской области относится к зоне выпуклых олиготрофных сфагновых болот.

Исследования элементного состава верховых болот юга Томской области проводятся нами для оценки степени антропогенного влияния на природную среду. Именно южная часть Томской области выбрана нами не случайно, так как данная территория области характеризуется наиболее высокой степенью техногенного воздействия. Активная деятельность человека приводит к значительным изменениям окружающей среды и, поэтому, определение уровней накопления и оценка средних содержаний элементов в торфах являются чрезвычайно важными для дальнейшей работы в этом направлении. Определение средних значений элементов необходимо для выявления природных или техногенных источников химических элементов в верховых болотах.

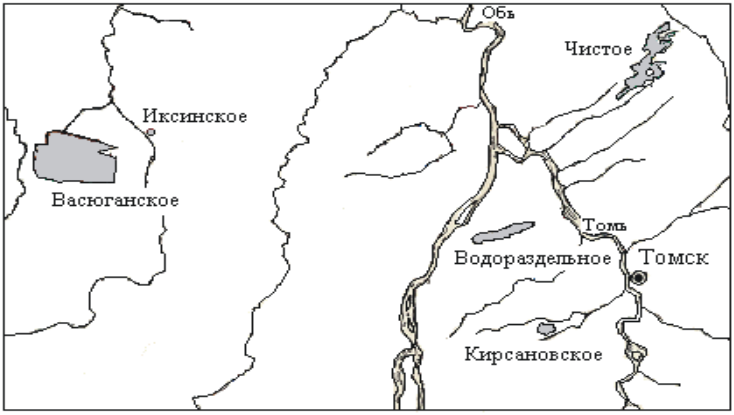


Рис. Схема расположения исследуемых болот

Методика исследований

Для работы по определению среднего содержания элементов в верховых болотах юга Томской области были выбраны несколько верховых болот, расположенных в районах с разной степенью антропогенной нагрузки (рис.). Болото Васюганское (участок 5) является юго-восточным участком Большого Васюганского болота и расположено в 130 км к северо-западу от г. Томска. Болото Иксинское расположено в 125 км к северо-западу от г. Томска. Представлено одним сечением глубиной 3.4 м (70 проб). Болото Чистое расположено в 50 км к северу от г. Томска. Болото Водораздельное расположено в 30 км к северо-западу от г. Томска в междуречье Оби и Томи. Представлено двумя сечениями глубиной от 1.65 до 2.15 м (31 проба). Болото Кирсановское расположено в 125 км к юго-западу от г. Томска в междуречье Оби и Томи. Представлено одним сечением глубиной 0.94 м (17 проб).

Данные по элементному составу торфов болота Иксинское получены совместно с болотоведами ИМКЭС СО РАН (Ю.И. Прейс, г. Томск), болота Водораздельное - сотрудниками кафедры геоэкологии и геохимии ТПУ.

Опробование торфа проводилось с помощью торфяного бура послойно с интервалами 5 см (Иксинское) и от 5 до 25 см (Водораздельное). Содержание элементов определялось методом инструментального нейтронно-активационного анализа (ИННА) в ядерно-геохимической лаборатории кафедры геоэкологии и геохимии ТПУ. Данные по элементам в торфах болот Васюганское, Чистое и Кирсановское приняты по опубликованным работам [1-4] и также были выполнены методом ИННА.

Результаты исследований

Средние содержания элементов в верховых болотах южной части Томской области определены по 246 пробам для пяти болот и представлены в таблице. Можно отметить различия в средних содержаниях элементов, находящихся в районах с различной степенью антропогенной нагрузки. Так, более высокие средние содержания в торфах болот, отмечаются для элементов: Иксинское – Sc, Co, Rb, Ba, Br, Yb; Чистое - Ca, Fe, Ce; Водораздельное – Cr, La, Eu; Кирсановское – Sb, U. Наименьшие средние содержания отмечаются для элементов: Васюганское – Ca, Fe, Co, Cs, Rb, La, Ce, Eu, Sm, Th; Иксинское – U; Водораздельное – Cb, Sr; Кирсановсое – Cr, Ba. Васюганское болото характеризуется более низкими содержаниями большинства элементов. В торфах болот Водораздельное и Кирсановское, расположенных недалеко друг от друга, отмечаются близкие значения следующих элементов: Fe, Sc, Co, Cs, Yb, Hf, Th. Тогда как для болот Васюганское и Иксинское средние значения близки лишь для Na и Sb, а для элементов Cs, Rb, Ba, Br, La, Ce, Sm, Th различаются в 5, 4, 31, 2, 3, 2.5, 3, 2 раз соответственно.

Полученные значения по средним содержаниям элементов в торфяных болотах юга Томской области могут позволить определить геохимическую специализацию отдельных территорий юга Томской области в направлении использования торфа. Полученные значения могут являться предварительными данными для определения геохимического фона территории.

Среднее содержание элементов в торфах верховых болот юга Томской области, мг/кг

Элементы	Васюганское [1]	Иксинское	Чистое [2]	Водораздельное	Кирсановское [3]	Среднее содержание элементов
Количество проб	28	70	100	31	17	246
Ca, %	0.26	0.47	0.9	0.49	н.о.	0.53
Na, %	0.03	0.03	0.03	н.и.	н.о.	0.02
Fe, %	0.1	0.19	0.3	0.14	0.14	0.17
Cr	3.6	5.6	8.6	7.5	3.2	5.7
Sc	0.3	0.6	0.3	0.5	0.5	0.4
Co	0.6	1.4	0.9	0.7	0.7	0.9
Sb	0.04	0.03	н.о.	0.2	0.7	0.2
Ni	9.1	н.о.	н.о.	н.о.	2.0	5.6
Hg	0.3	н.о.	н.о.	н.о.	0.05	0.2
Ag	0.01	н.и.	н.о.	н.и.	н.о.	0.003
Au	0.002	0.01	н.о.	0.002	н.о.	0.005
Cs	0.04	0.2	н.о.	0.2	0.2	0.2
Rb	1.0	3.8	н.о.	н.и.	2.8	1.9
Sr	н.о.	18.8	н.о.	н.о.	15.2	17.0
Ba	1.3	40.6	н.о.	14.8	20.8	19.4
Br	6.6	12.4	7.5	10.4	1.5	7.7
La	0.5	1.4	1.4	1.7	1.1	1.2
Ce	1.0	2.5	3.1	1.9	н.о.	2.1
Eu	0.02	0.05	н.о.	0.06	н.о.	0.04
Sm	0.1	0.3	0.2	0.3	н.о.	0.2
Lu	н.о.	0.02	н.о.	0.02	н.о.	0.02
Tb	н.о.	0.04	н.о.	0.04	н.о.	0.04
Ta	н.о.	0.02	н.о.	0.01	н.о.	0.02
Yb	н.о.	0.3	н.о.	0.1	0.1	0.2
Zr	н.о.	н.о.	н.о.	2.1	7.2	4.7
Hf	0.1	0.2	н.о.	0.2	0.2	0.2
Th	0.2	0.4	н.о.	0.3	0.3	0.3
U	н.о.	0.12	н.о.	0.15	0.17	0.15

Примечание: [1] – по данным [1], [2] - по данным [2, 3], [3] - по данным [4]; н.о. – элемент не определялся, н.и. – содержание элемента ниже интервала определения.

Литература

1. Бернатонис В.К., Архипов В.С., Здвижков М.А., Прейс Ю.И., Тихомирова Н.О. Геохимия растений и торфов Большого Васюганского болота // Большое Васюганское болото. Современное состояние и процессы развития / Под общей редакцией М.В. Кабанова. Томск, 2002. С. 204-215. **2.** Архипов В.С., Бернатонис В.К., Резчиков В.И., Теньгова Н.В. Распределение микроэлементов в различных видах торфа центральной части Западной Сибири // Физикохимия торфа и сапропелей / Тезисы докл. междун. конф. Тверь, 1994. С. 17-18. **3.** Инишева Л.И., Архипов В.С., Цыбукова Т.Н. Элементный состав основных видов торфов Западной Сибири // Торф и сельское хозяйство / Сб. науч. тр. Томск, 1994. С. 39-47. **4.** Гавшин В.М.,

Сухоруков Ф.В., Мельгунов М.С., Бобров В.А. Свидетельства фракционирования химических элементов в атмосфере Западной Сибири по данным исследования верхового торфяника // Геохимия. 2003. № 12. С. 1337-1344.

The preliminary data about accumulation levels of elements in oligotrophic bogs of the South of Tomsk region

A.M. Belyaeva

The data of average element concentrations in the peat bogs of the South of Tomsk region, which are situated in districts with the different industrial impact, is cited in this article. The data of average concentrations of five bogs of Tomsk region were used for calculations of the average element value in oligotrophic bogs of the South of Tomsk region.

ТОРФЯНЫЕ ОТЛОЖЕНИЯ КАК ЛЕТОПИСЬ ПАЛЕОГЕОГРАФИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ

Т.А. Бляхарчук

Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН, г. Томск, tarun5@rambler.ru

Рассмотрены биоиндикационные методы, основанные на изучении современных и ископаемых комплексов организмов и их остатков: ботанический анализ и спорово-пыльцевой анализ торфа.

Территория Западной Сибири более чем на 50 % покрыта болотами различного генезиса. Торфяные болота здесь играют важную ландшафтную, гидрологическую и климатообразующую роль. Наряду с утилитарной практической ценностью для человека, торфяные отложения болот, являются универсальным источником палеогеографической информации. Мир, в котором мы живём, не является стабильным. Антропогенные и естественно-природные факторы вызывают изменения климата, растительности и ландшафтов различной направленности. Многие природные изменения носят циклический характер с амплитудой от десятков до тысяч и более лет. Всего 10 тысяч лет прошло после последнего глобального (и возможно катастрофического) изменения ландшафтов, сопровождавшегося массовым таянием обширных ледниковых полей и полной перестройкой всех природно-климатических зон Земли. Понять закономерности этих изменений, чтобы предвидеть направление будущих изменений климата и ландшафтов необходимо человеку для формирования будущей стратегии выживания. А получить информацию о былых изменениях растительности, климата и ландшафтов можно изучая специфические природные объекты, характеризующиеся непрерывной аккумуляцией каких либо осадков. Одним из классических объектов для таких исследований являются торфяные болота. Это своеобразная книга природы, страницы которой – это последовательные слои торфа, ежегодно отлагающиеся с момента начала торфонакопления. В этих нарастающих слоях торфа захоронены аэрозоли и

отмершие остатки организмов, некогда населявшие болото и его окрестности. Книгу эту можно читать, расшифровывая станицу за страницей, если изучать последовательные по глубине слои торфа с помощью различных палеоэкологических методов. Эти методы делятся на две категории. Первая и наиболее информативная категория - это биоиндикационные методы, основанные на изучении современных и ископаемых комплексов организмов и их остатков: ботанический анализ торфа, спорово-пыльцевой анализ, карпологический анализ. Вторая категория включает физико-химические методы, дополняющие и корректирующие информацию, получаемую первой категорией методов. К ней относятся такие методы как: радиоуглеродный метод датирования, изучение изотопного состава кислорода и углерода, зольности и химического состава торфа. Каждый из этих методов несёт информацию об изменении того или иного компонента биоты, ландшафта или климата. В данном докладе будут кратко охарактеризованы два наиболее важных и распространённых биоиндикационных метода применяемые для расшифровки летописи природы, «записанной» в торфяных залежах болот.

Ботанический состав торфа. Данный метод отражает изменение локальной растительности болотного фитоценоза - болотной фации. Каждый вид растений представлен в растительном сообществе болот в определённом обилии при определённых экологических условиях. Степень напряженности экологического фактора может быть выражена в относительных экологических ступенях [1, 2] или индексах, например в индексах влажности [3, 4]. Суммируя индексы влажности всех растений, встреченных в конкретном болотном фитоценозе, можно вывести общий индекс влажности для конкретного локального местообитания. Ботанический состав торфа отражает ботанический состав ядра былых фитоценозов отложивших данный вид торфа [2]. По сути, это те же ботанические описания, но палеофитоценозов. По серии ботанических составов торфа из болотного разреза можно с помощью подсчета общих индексов влажности построить кривую изменения влажности в данном конкретном месте болота [5]. Доказано, что комплексные болотные сообщества (грядово-мочажинные и грядово-озерковые комплексы) являются чувствительными индикаторами изменений климата [5, 6]. В периоды с преобладанием сухого климата увеличивается площадь гряд, а в периоды более влажных лет возрастает обводнённость и площадь мочажин. Если взять разрез на границе гряды и мочажины, то кривая увлажнённости этого локального болотного местообитания отразит глобальные колебания влажности климата [6, 7], хорошо коррелирующие с изменениями региональных компонентов спорово-пыльцевого спектра. Но в большинстве случаев кривая увлажнённости, построенная по ботаническому составу торфа всё же отражает изменение увлажнённости болотного массива в связи с его естественным развитием.

Спорово-пыльцевой анализ торфа. Спорово-пыльцевой анализ торфяных и озерных отложений широко используется для палеогеографических и палеоклиматических реконструкций как локальных болотных сукцессий, так и региональных изменений окружающей среды. Ежегодно растительный покров Земли в определённые периоды производит огромное количество пыльцы (мужских гаметофитов голосеменных и цветковых растений) и спор (спорофитов споровых растений). Пыль-

ца и споры переносятся ветровыми потоками, водой и насекомыми на различные расстояния для осуществления процесса размножения и распространения растений. Осреднённое спорово-пыльцевое облако, включающее в определённом соотношении споры и пыльцу всех растений, произрастающих на данной местности, разносится ветром и постепенно оседает на землю в виде пыльцевого дождя, формирующего спорово-пыльцевые спектры определённого состава. Если такой пыльцевой «дождь» попадает на поверхность болота, в котором происходит непрерывное торфонакопление, пыльцевые спектры захороняются в слоях торфа, хорошо сохраняясь в анаэробных кислых условиях на сотни и тысячи лет. Споро-полленин, образующий оболочку пыльцевых и споровых зёрен, является одним из самых химически устойчивых природных веществ существующих на Земле. Благодаря этому, палинологи могут изучать пыльцу растений, живших десятки и сотни миллионов лет назад. Однако спорово-пыльцевые спектры, захоронённые в торфяных отложениях, не совсем пропорционально отражают окружающую растительность [8]. Имеется ряд особенностей, которые необходимо учитывать при интерпретации спорово-пыльцевых спектров. Прежде всего, ветроопыляемые растения производят значительно больше пыльцы, чем насекомоопыляемые. Соответственно доля первых в пыльцевом спектре будет завышена, а доля вторых занижена. Далее, необходимо учитывать также и историю болотного массива, его облесённость и доминирующие растительные ассоциации, существовавшие при захоронении того или иного пыльцевого спектра. Это устанавливается при параллельном проведении ботанического анализа торфа. Захоронённый пыльцевой спектр включает пыльцу ветроопыляемых растений, привнесённую с расстояния от километра до десятков и сотен километров. Это региональные компоненты спектра, характеризующие зональный тип растительности. Пыльца, принесённая с расстояния от километра до нескольких десятков метров, является субрегиональным и сублокальным компонентом спектра. Она отражает состав конкретного фитоценоза, существующего на окружающих болото суходолах и соседних болотных участках, если болото обширное. Пыльца и споры с окружающих травянистых растений в радиусе нескольких метров вокруг места отбора спектра является локальным компонентом спектра. В большинстве случаев это пыльца и споры конкретного болотного фитоценоза. Если болотный массив открытый, безлесный то доля региональных компонентов в спектре будет выше, чем субрегиональных и наоборот.

При спорово-пыльцевом анализе серии торфяных образцов, отобранных ретроспективно по всей глубине торфяной залежи, с помощью специальных методов сепарации и обогащения выделяются ископаемые спорово-пыльцевые спектры для микроскопического исследования [9]. При увеличении в 400 раз ведётся определение форм пыльцы и спор до уровня вида, семейства или группы видов растений по морфологическим признакам пыльцевых и споровых зёрен. Для определения видов пыльцы используются такие признаки как форма и размер пыльцевых зёрен, наличие и количество борозд и пор, структура поверхности пыльцевых зёрен и наличие на ней скульптурных образований. В каждом образце определяется и подсчитывается от 200 до 1000 форм. В дальнейшем, присутствие отдельных видов и групп пыльцы в пыльцевом спектре выражается в процентном отношении к

общей сумме подсчитанных пыльцевых и споровых зёрен, из которой исключаются виды и группы, представляющие локальную болотную растительность. Это делается для того, чтобы пыльца локальных растений в случае её значительного обилия не уменьшала содержание региональных компонентов и не искажала общую картину изменения региональной растительности. Процентное содержание отдельных видов и групп пыльцы, подсчитанное по серии последовательных образцов и представленное в виде графиков в зависимости от глубины в торфяной залежи является спорово-пыльцевой диаграммой. Спорово-пыльцевая диаграмма с серией радиоуглеродных дат является наглядным представлением фактического результата пыльцевого анализа. Для анализа спорово-пыльцевой диаграммы в ней на основе сходности состава пыльцевых спектров выделяются локальные пыльцевые зоны. Обязательным требованием современных палеопалинологических исследований является наличие радиоуглеродных датировок торфа. На основе одной или нескольких дат с помощью линейной интерполяции проводится датирование переломных моментов в развитии растительности и реконструируется развитие палеогеографической обстановки. В дальнейшем на основе этих реконструкции проводится палеоклиматическая интерпретация результатов.

Разработан ряд математических методик, которые позволяют на основе цифровых данных ископаемых спорово-пыльцевых спектров из торфяных и озёрных отложений реконструировать былую растительность и тип ландшафта, а так же получать количественные показатели изменений палеоклимата [10-14]. Для территории Западной Европы, Европейской части России, Северной Америки уже имеются сотни спорово-пыльцевых разрезов датированных радиоуглеродным методом, на основе которых методами математического моделирования делаются реконструкции палеоландшафтов и палеоклимата. Для территории же Западной Сибири, не смотря на ее обширность, зональное, провинциальное, а так же локальное разнообразие растительности и климатов, имеется всего несколько репрезентативных спорово-пыльцевых диаграмм, данные которых могут быть использованы для таких реконструкций.

Таким образом, Западная Сибирь с её обширными не тронутыми человеком болотными массивами является уникальным местом Земли для проведения новых палеогеографических и палеоклиматических исследований. Это особенно актуально ввиду того, что недостаточное количество репрезентативных пыльцевых диаграмм на территории Западной Сибири до сих пор позволяет делать лишь общие палеореконструкции, которые иногда необоснованно распространяются на всю огромную территорию Западной Сибири. Однако можно предполагать, что и в прошлые эпохи природа Западной Сибири была столь же разнообразна, как и в настоящее время. Торфяные болота Западной Сибири предоставляют прекрасную возможность для исследования закономерностей прошлых изменений окружающей среды.

Литература

1. Раменский Л.Г., Цаценкин Н.А., Чижиков О.Н., Антипин Н.А. Экологическая оценка кормовых угодий по растительному покрову. М., 1965. 472 с. **2.** Львов Ю.А., Мульдияров Е.Я. Экологическая характеристика видов торфа // Материалы 7-го Всесоюзного совещ. по болотоведению. Калинин, 1984. С. 82-90. **3.** Елина Г.А., Юрковская Т.К. Методы реконструкции

водного режима болот Голоцена // Методы исследования озёрных отложений в палеогеографических и палеоклиматических аспектах. Вильнюс, 1986. С.26-28. **4.** Елина Г.А., Арсланов Х.А., Климанов В.А., Этапы развития растительности голоцена в южной и восточной Карелии // Ботанический журнал. 1996. Т. 81. № 3. С.1-17. **5.** Львов Ю.А. Болотный процесс как фактор среды обитания человека в Западной Сибири // Особенности естественно-географической среды и исторические процессы в Западной Сибири. Томск, 1979. С. 12-16. **6.** Бляхарчук Т.А. Сопряженность спорово-пыльцевого и ботанического анализов торфа в изучении лесоболотных ландшафтов юга Западной Сибири // Проблемы Голоцена. Тбилиси, 1988. С. 16-17. **7.** Бляхарчук Т.А., Климанов В.А. Сукцессии болотной растительности и климат по данным изучения двух торфяников на юге Западной Сибири // Структура и развитие болотных экосистем и реконструкции палеогеографических условий. Таллинн, 1989. С. 45-49. **8.** Гричук М.П. Закономерности формирования современных спорово-пыльцевых спектров как основа для интерпретации ископаемых спорово-пыльцевых спектров // История развития растительности внеледниковой зоны Западной Сибири в позднеледниковье и четвертичное время. Москва, 1970. С. 12-19. **9.** Гричук В.П. Заклинская Е.Д. Анализ ископаемой пыльцы и спор и его применение в палеогеографии. Москва, 1948. 223 с. **10.** Гричук В.П. Опыт реконструкции некоторых элементов климата северного полушария в атлантическом периоде Голоцена // Голоцен. Москва, 1969. С. 41-57. **11**. Климанов В.А. Восстановление палеотемператур и палеоосадков на основе спорово-пыльцевых данных // Методы реконструкции палеоклиматов. Москва, 1985. С. 38-48. **12.** Birks H.J.B. The use of pollen in the reconstruction of past climates: a review, in T.M.I. Wigley M.J. Ingram and G. Farmer (eds.). Climate and history. Cambrige: Cambrige University Press. 1981. P.111-38. **13.** Bartlein P.J., Prentice I.C. and Webb T. Climate response surfaces from pollen data for some eastern North American taxa // Journal of Biogeography. 1986. V. 13. P. 35-57. **14.** Webb T. Holocene palynology and climate, in A.D. Hecht (ed.). Palaeoclimate analysis and modeling. Chichester: John Wiley. 1985. P. 163-95.

Peat adjournment as the annals paleogeographical information
T.A. Bljaharchuk

The bioindicator methods based on studying of modern and mineral complexes of organisms and their rests are considered: the botanical analysis and the sporous-pollen analysis of peat.

ОЦЕНКА БИОЛОГИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ КАШТАНОВОЙ ПОЧВЫ ПРИ ВНЕСЕНИИ ГРАНУЛИРОВАННОГО УДОБРЕНИЯ НА ОСНОВЕ ТОРФА И ЦЕОЛИТОВ

Н.М. Гаркушева, Т.В. Фролова
Байкальский институт природопользования СО РАН, г. Улан-Удэ,
bip@bsc.buryatia.ru

Получено гранулированное удобрение на основе торфа и природных цеолитов. Показано положительное влияние гранулированного удобрения на нитрификационную и аммонификационную способность, целлюлозоразлагающую и протеазную активность каштановой почвы.

Эффективность применения удобрений не только зависит от особенностей культур, доз и вида удобрений, но и от изменения среды и характера микробиоло-

гической деятельности. Микроорганизмы почвы являются неотъемлемым компонентом любой агроэкосистемы, они обладают мощным ферментативным аппаратом, выполняют многообразные функции в круговороте веществ, обеспечивая функционирование экосистемы [1].

Пахотный фонд Бурятии в основном представлен каштановыми почвами (42 % от площади пашни). Эти почвы формируются в условиях резко континентального климата с жесткими гидротермическими условиями. Особенности климата оказывают значительное влияние на микробиологические процессы в почвенной среде, вызывая снижение активности микроорганизмов. В качестве активизаторов микробиологических процессов могут служить органические и минеральные удобрения. Особое влияние в последнее время уделяется нетрадиционным удобрениям на основе природного сырья, такого как торф, цеолиты, сапропель, фосфориты и т.д.

Ценность торфа как органического удобрения широко известна [2-4]. Имея прекрасные агрохимические показатели, торф в меньшей степени применяется в чистом виде, с силу своей слабой биологической активности. Одним из основных приемов повышения эффективности использования торфа – это повышение именно его биологической активности путем добавления различных органических и минеральных компонентов [5].

Проведенные нами исследования по изучению влияния гранулированных удобрений на основе торфа и цеолитов на биологическую активность каштановой почвы показали, что данное удобрение положительно влияло на динамику нитратного и аммиачного азота, целлюлозоразлагающую и протеазную активность.

Методика исследований

Изучение биологической активности каштановой почвы под действием гранулированных удобрений на основе торфа и цеолитов проводили в вегетационно-полевом опыте, в сосудах без дна емкостью 6 кг в почве с содержанием гумуса 2.5 %, Nобщ – 0.10 %, $pH_{вод}$ - 6.9 %, подвижных соединений фосфора – 2.14 мг/100 г, обменного калия – 1.18 мг/100 г, сумма поглощенных оснований 15.43 мг*экв/100 г. Определение показателей активности микрофлоры проводили при одновременном росте культур редиса и укропа. Влажность почвы поддерживали на уровне 60 % НВ. Повторность опыта четырехкратная. В качестве фона были внесены в почву нитрат аммония, двойной суперфосфат, сульфат калия из расчета 0.15 г N, 0.15 г P_2O_5, 0.15 г K_2O на 1 кг почвы.

В опыте были использован низинный торф Кабанского болотного массива (Республика Бурятия) следующего состава (масс. %): $C_{общ}$ - 16-33; $N_{общ}$ – 2.55-4.12; P – 0.08-0.17; K –0.09-0.2; S – 0.24-0.39; Ca – 1.76-2.98; Mg – 0.19-0.23; Fe – 0.56; pH 4.9-5.4; зольность 7.42-12.0; влажность 86-89 %, степень разложения 34-36 %.

Низинный торф смешивали с морденитсодержащим туфом Мухор-Талинского перлитцеолитового месторождения (Республика Бурятия) следующего состава (масс. %): SiO_2 – 70.92; Al_2O_3 – 11.07; MgO – 0.15; CaO – 0.92; Na_2O – 2.38; K_2O – 5.22; отношение Si/Al – 5.2. Содержание цеолита в туфе составило 62 % фракции зерен диаметром 1-2 мм, гранулирование удобрения проведено продавливание массы через фильеры диаметром 3-4 мм на шнековом экструдере. Химические

анализы выполнены по общепринятым методам [6]: гумус – по Тюрину в модификации Никитина, подвижный фосфор и обменный калий из одной вытяжки - по Мачигину, нитратный азот – дисульфофеноловым методом, аммиачный азот – с реактивом Несслера. Определение целлюлозолитической и протеазной активности проводили аппликационным методом Е.Н. Мишустина по разложению льняного полотна и гидролизу желатиновой эмульсии на фотопленках. Гранулированное удобрение и торф в чистом виде вносили в дозе из расчета 10 т/га. Вегетационно-полевой опыт закладывался по схеме: 1) NPK (фон); 2) фон + гранулированный торф в чистом виде; 3) фон + (торф (Т)+20 % цеолита); 4) фон + (Т+30 % цеолита); 5) фон + (Т+40 % цеолита).

Результаты исследований

Проведенные нами исследования показали, что гранулированные удобрения на основе торфа и цеолитов способствуют активации микробиологической деятельности каштановых почв.

Сравнивая динамику аммонийного и нитратного азота, следует отметить, что при увеличении содержания одной формы азота одновременно происходит уменьшение другой, что объясняется взаимосвязанностью процессов аммонификации и нитрификации в почве. Исходное содержание нитратного азота 5.3 мг/кг, аммонийного – 21.25 мг/кг почвы. В процессе определения динамики содержания этих двух форм азота наблюдалось увеличение аммонийного азота в почве, связанное с криоаридным характером микрофлоры и преобладанием среди других микроорганизмов актиномицетов, что ведет к усилению процессов аммонификации [7]. Наибольшее содержание аммонийного (42.9-108.0 мг/кг) и нитратного азота (1.0-7.0 мг/кг) в почве фиксировалось в начале вегетации растений. Уменьшение количества аммония (23.0-33.8 мг/кг) и нитратов (1.4-2.1 мг/кг) к концу вегетации наблюдалось за счет потребления этих форм растениями и угнетения деятельности микроорганизмов. Наиболее эффективным по отношению к содержанию аммонийного азота (25.3-29.5 мг/кг) является удобрение с содержанием 40 % цеолитов.

Содержание нитратного азота в почве находилось на более низком уровне по сравнению с аммонийным азотом, за исключением второго срока определения, где уровень нитратного азота в варианте фон + (Т + 40 %) был в 3.5 раза выше аммонийного, что обусловлено активностью процесса нитрификации. В первые 1.5 месяца опыта содержание нитратного азота в вариантах с гранулированными удобрениями было значительно выше по сравнению с контролем и вариантом с чистым торфом. К концу опыта отмечается резкое снижение содержания нитратного азота во всех вариантах.

Сравнительно высокая численность аэробных целлюлозных микроорганизмов в каштановых почвах определяет более высокую скорость минерализации целлюлозы [8]. Максимальное значение целлюлозолитической активности отмечено на варианте фон + (Т+30 % цеолитов) (67.1 %) и на варианте фон + (Т+40 % цеолита) (74.4 %) (рис. 1). Увеличение активности последних вариантов по сравнению с контролем и вариантом с торфом в чистом виде связано с пролонгирующим действием цеолитов.

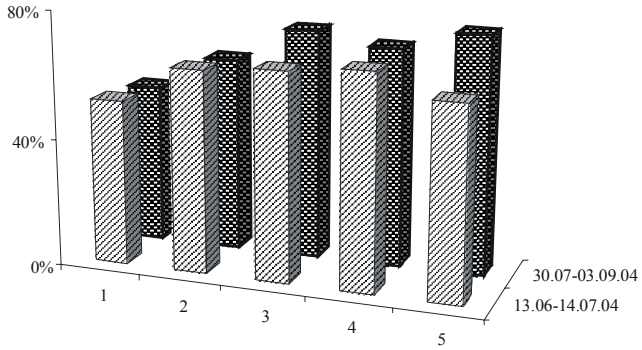


Рис. 1. Влияние гранулированного удобрения на целлюлозолитическую активность каштановой почвы: 1) NPK (фон); 2) фон + гранулированный торф в чистом виде; 3) фон + (торф (Т)+20 % цеолита); 4) фон + (Т+30 % цеолита); 5) фон + (Т+40 % цеолита)

Процессы превращения азота и его соединений в почве составляют одно из центральных звеньев почвенного метаболизма. Это связано с исключительной ролью азота в функционировании биосферы. Осуществляя начальный этап превращения белковых соединений, поступающих в почву и связанных в гумусе, протеазы играют главную роль в метаболизме азота почв и обуславливают динамику усвояемых форм азота [9]. Максимальные значения протеазной активности фиксировались в начале опыта, при этом наибольшие значения отмечены на варианте

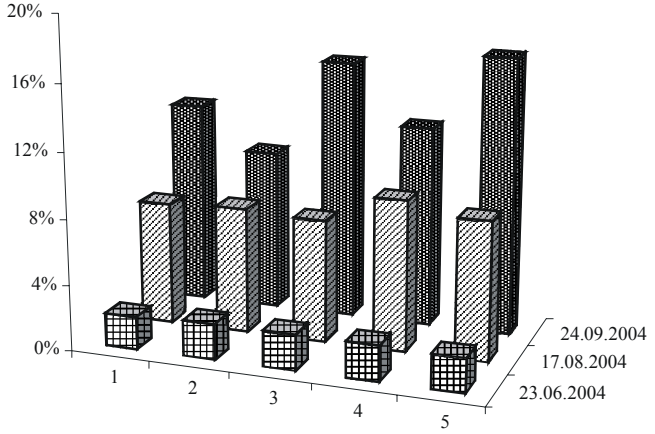


Рис. 2. Влияние гранулированного удобрения на протеазную активность каштановой почвы: 1) NPK (фон); 2) фон + гранулированный торф в чистом виде; 3) фон + (торф (Т)+20 % цеолита); 4) фон + (Т+30 % цеолита); 5) фон + (Т+40 % цеолита)

фон + (Т+40 %цеолита) (16.9 %) и на варианте фон + (Т+30 % цеолита) (9.2 %) (рис. 2). К концу опыта активность протеазы снижается, что обусловлено, очевидно, климатическими изменениями.

Таким образом, гранулированные удобрения на основе торфа и цеолитов положительно влияют на биологическую активность каштановых почв, тем самым повышая их плодородие.

Литература

1. Кураков А.В., Гузев В.С., Степанов А.Л. и др. Минеральные удобрения как фактор антропогенного воздействия на почвенную микрофлору // Микроорганизмы и охрана почв. М., 1989. С. 47-85. **2.** Базин Е.Т. Торф, его свойства и направления использования // Проблемы повышения эффективности торфа в сельском хозяйстве. М., 1984. С. 40-62. **3.** Торф на удобрение / Под ред. Скоропанова С.Г. Минск, 1983. 103 с. **4.** Органическое удобрение в интенсивном земледелии / Под ред. Минеева В.Г. М., 1984. 303 с. **5.** Гудилин И.Н., Алиев С.А., Киселева Л.Н. и др. Повышение эффективности использования торфа в сельском хозяйстве // Использование торфа и торфяников в сельском хозяйстве Западной Сибири / Сборник научных трудов. Новосибирск, 1985. с. 84. **6.** Аринушкина Е.В. Руководство по химическому анализу почв. М., 1970. 487 с. **7.** Нимаева С.Ш. Микробиология криоаридных почв (на примере Забайкалья). Новосибирск, 1992. 176 с. **8.** Нимаева С.Ш. Микробиологические основы плодородия почв Западного Забайкалья // Почвенные ресурсы Забайкалья. Новосибирск, 1989. С. 88-99. **9.** Абашеева Н.Е., Инешина Е.Г., Меркушева М.Г. и др. Влияние лантансодержащих микроудобрений на биологическую активность каштановой почвы // Агрохимия. 2003. № 8. С. 39-44.

The assessment of biological activity of brown soil by application of granul fertilizer on basis of peat and zeolites

N.M. Garcusheva, T.V. Frolova

The granul fertilizer on basis of peat and natural zeolites is made. The positive influense of granul fertilizer on the nitrifying and ammonifying capacity, celluloselytic and proteolytic activity of brown soil is shown.

УГЛЕРОДНЫЙ БАЛАНС ОЛИГОТРОФНОГО БОЛОТА

Е.А. Головацкая

Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН,
г. Томск, golovatskaya@iom.tomsknet.ru

Баланс углерода в болотных экосистемах можно представить в виде системы блоков и потоков. Блоками углерода являются: запас углерода в виде фитомассы, в торфяной залежи, в болотной воде, в атмосфере. Потоки выражаются: фотосинтетической продукцией углерода, эмиссией CO_2, метана, выносом углерода с болотными водами, разложением подстилки и торфа, дыханием корней, а также переходом углерода из одного блока в другой посредством отмирания частей растений, дыхания самих растений, ежегодного отложения торфа. В статье представлены результаты исследований на нативном олиготрофном болоте, рассмотрены основные блоки и потоки углерода.

Болотные экосистемы играют особую роль в глобальном круговороте углерода в биосфере. С одной стороны они обеспечивают сток углерода из атмосферы, накапливая его в виде торфяных залежей, с другой – служат мощным источником парниковых газов (метана и углекислого газа). Соотношение между интенсивностями потоков углерода (фотосинтез и дыхание растений, накопление углерода в ежегодно нарастающем торфе) определяются продуктивностью болотных экосистем, скоростью минерализации растительных остатков, глубиной торфяной залежи, гидрологическим режимом болот [1].

Углеродный баланс любой экосистемы характеризует чистый углеродный поток, представляющий собой сумму валовой первичной продукции и валового дыхания как разнонаправленных потоков. Особенность болот обуславливается незамкнутостью круговорота веществ, когда системы возвращают в биосферу меньше веществ, чем забирают из нее. Схематично баланс углерода в болотных экосистемах можно представить в виде системы блоков и потоков. Блоками углерода являются: запас углерода в виде фитомассы, в торфяной залежи, болотной воде, атмосфере. Потоки, связывающие эти блоки, выражаются фотосинтетической продукцией углерода (чистая первичная продукция) [2], эмиссией углекислого газа и метана, выносом углерода с болотными водами, разложением подстилки и торфа, дыханием корней, а также переходом углерода из одного блока в другой посредством отмирания частей растений, дыхания самих растений, ежегодного отложения торфа.

Методика исследований

Исследования проводились на научно-исследовательском полигоне «Васюганье» Сибирского НИИ торфа СО РАСХН с 1999 по 2004 гг. на олиготрофном нативном болоте. В качестве объекта наблюдения для исследования принята территория малого заболоченного водосбора р. Ключ (водосборная площадь 58 км^2). В пределах водосборной площади р. Ключ параллельно линиям стока был заложен ландшафтный профиль, который пересекает следующие основные виды болотных фитоценозов: заболоченный высокорослый смешанный лес в периферийной части болотного массива, высокий рям, низкий рям, грядово-мочажинный комплекс и осоково-сфагновую топь. Протяженность ландшафтного профиля от высокого ряма до осоково-сфагновой топи составляет 800 м. Подробное описание исследуемых болотных биогеоценозов приведено в [3]. Пункты наблюдений за элементами углеродного баланса были оборудованы на сосново-кустарничково-сфагновых фитоценозах (высоком ряме (п. 2) и низком ряме (п. 3)) и на осоково-сфагновой топи (п. 5).

Запас биомассы определялся в период максимального ее развития, конец июля - начало августа. Надземную продукцию определяли укосным методом (без учета древесного яруса), подземную - методом монолитов Шалыта [4, 5]. Определение прироста биомассы проводилось ежемесячно с мая по сентябрь. Сезонная динамика прироста болотных растений складывается из ежемесячного прироста зеленых частей растений и прироста веток, выросших в текущем году. На основе данных по ежемесячным запасам фитомассы рассчитывалась чистая первичная продукция наземного покрова как сумма приростов всех видов растений на единице

площади за год. В этом исследовании не учитывалось отмирание растений в течение вегетационного сезона и прирост древесной части кустарничков.

Измерение эмиссии CO_2 проводилось два раза в месяц абсорбционным методом по В.И. Штатнову в модификации Б.Н. Макарова [6]. В 2004 году нами отработана методика определения эмиссии CO_2 с поверхности торфяной залежи с помощью оптического газоанализатора ОПТОГАЗ-500.4. Газоанализатор предназначен для измерения объемной концентрации CO_2 в атмосферном воздухе. Измерения проводили камерным методом, время экспозиции 30 мин.

Данные по продукции древесного яруса, запасам углерода в торфе, болотной воде, эмиссии метана получены из литературных источников [2, 7-10].

Результаты исследований

В целом, по ландшафтному профилю наблюдается снижение запасов углерода в виде надземной фитомассы от окраины болотного массива (высокий рям) до центральной его части: 2467 > 934.6 > 186 гС/м^2 (с учетом древесного яруса [2]). Подземные запасы углерода в виде подземных органов растений (кустарничков и трав) составляют от 313 до 233 гС/м^2, с максимумом на высоком ряме (табл. 1).

Таблица 1

Основные блоки баланса углерода на ландшафтном профиле, гС/м^2

Блоки углерода	Высокий рям	Низкий рям	Открытая топь
Надземная фитомасса (с древесным ярусом)	2467.0	934.6	186.0
Поземная фитомасса	832.5	404.3	233.0
Ветошь, подстилка	48.4	32.7	44.8
Торф	37790.6	60191.2	66803.9
Болотная вода	15.6	13.0	10.8

Содержание углерода в ветоши и подстилке минимально на низком ряме и представлено в основном опавшими листьями кустарничков, тогда как на открытой топи запасы углерода в подстилке в 1.4 раза выше, а на высоком ряме в 1.5 раз выше по сравнению с низким рямом (табл. 1). Запас углерода в торфе рассчитывается исходя из плотности сложения торфяной залежи и содержания углерода в торфе [7]. Запас углерода в торфяной залежи увеличивается от высокого ряма к открытой топи и составляет соответственно 37790.58 > 60191.22 > 66803.88 гС/м^2. Содержание углерода в болотной воде различается незначительно (см. табл. 1). Максимальное содержание характерно для высокого ряма, минимальное для открытой топи.

Рассмотрим потоки углерода, связывающие основные блоки углеродного баланса. Чистая первичная продукция - количество углерода запасенного в виде органического вещества растений, за вычетом дыхания растений. Продукция исследуемых биогеоценозов максимальна на высоком ряме, минимальна - на осоково-сфагновой топи и составляет соответственно 191.3 и 95 гС/м^2 в год.

Эмиссия CO_2 из торфяной залежи примерно на 1/3 обеспечивается дыханием корней [8]. Дыхание корней изменяется от 20 до 10 гС/м^2 в год в зависимости от типа фитоценоза, с максимумом на высоком ряме (рис.). Оставшаяся часть выделяемого CO_2 образуется за счет жизнедеятельности микроорганизмов и физико-химических процессов в торфе и составляет для высокого, низкого ряма и открытой топи 57.2, 36.9, 29.5 гС/м^2 в год соответственно. Из годичного опада на олиготрофных болотах разлагается 20-30 %, следовательно выделение CO_2, за счет разложения опада, составляет от 14.52 до 9.8 гС/м^2 в год.

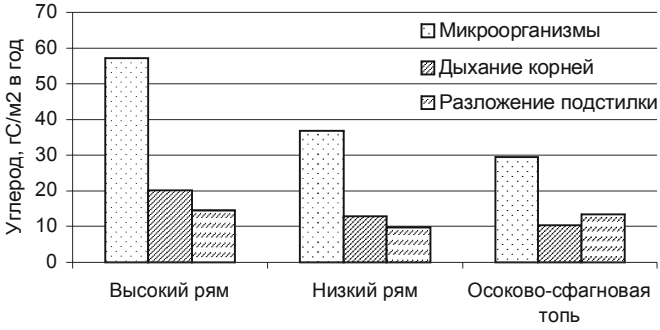


Рис. Эмиссия углекислого газа из торфяной залежи ландшафтного профиля

Эмиссия метана составляет незначительное количество углерода в общем балансе с максимальным значением на открытой топи – 6.5 гС/м^2 в год [9]. Вынос углерода с болотными водами также незначителен и составляет примерно 5.5 гС/м^2 в год [3].

Используя полученные данные можно подвести баланс углерода на исследуемых пунктах (табл. 2).

Таблица 2

Углеродный баланс олиготрофного болота

Биогеоценоз	**Поступление углерода, гС/м^2 в год**	**Выделение углерода, гС/м^2 в год**	**Депонирование углерода, гС/м^2 в год**
Высокий рям	267.3	97.6	169.7
Низкий рям	235.2	66.9	168.3
Открытая топь	158.0	65.2	92.8
Среднее для всего профиля	220.0	76.6	143.6

Таким образом, максимальным накоплением углерода характеризуется высокий рям, минимальным - открытая топь. Высокое накопление углерода на высоком ряме происходит за счет высокой продуктивности растений и наличия высокого древесного яруса. То есть, накопление углерода происходит не только в виде торфа, но и в виде древесины. При этом, высокий рям характеризуется наиболее активными процессами минерализации органического вещества торфа, за счет менее увлажненных условий, малой мощности торфяной залежи и более богатого

минерального питания. Для низкого ряма также характерна высокая величина депонирования углерода, однако в данном случае депонирование обеспечивается в основном за счет торфонакопления и менее активных процессов минерализации торфа. На открытой топи, из-за отсутствия древесного яруса, поступление углерода в 1.6 раз ниже, по сравнению с низким рямом. При практически одинаковом выделении углерода, это приводит к минимальным значениям депонированного углерода на открытой топи. Депонирование углерода на открытой топи происходит только за счет отложения торфа.

Литература

1. Вомперский С.Э. Роль болот в круговороте углерода // Биогеоценотические особенности болот и их рациональное использование. М., 1994. С. 5-37. **2.** Храмов А.А., Валуцкий В.И. Лесные и болотные фитоценозы Восточного Васюганья. Новосибирск, 1977. 219 с. **3.** Инишева Л.И., Головацкая Е.А. Элементы углеродного баланса олиготрофных болот отрогов Васюганского болота // Экология. 2002. № 4. С. 242-249. **4.** Шалыт М.С. Методика изучения подземной части растений // Полевая геоботаника. 1960. Т. 2. С. 369-447. **5.** Головацкая Е.А. Влияние гидрологических условий на биологическую продуктивность олиготрофных болот // Болота и биосфера / Материалы Второй Научной Школы. Томск, 2003. С. 102-110. **6.** Макаров Б.Н. Упрощенный метод определения дыхания почвы (биохимической активности) // Почвоведение. 1957. № 9. С. 119-122. **7.** Инишева Л.И., Дементьева Т.В., Головацкая Е.А., Порохина Е.В. Научно-исследовательский полигон «Васюганье» / Программа научной экскурсии. Томск, 2003. 88 с. **8.** Титлянова А.А., Тесаржова М. Режимы биологического круговорота. Новосибирск, 1991. 150 с. **9.** Glagolev M.V., Belova S.E., Smagin A.V. et. al // Proc. VII symposium on the joint Siberian permafrost studies between Japan and Russia in 1998. Tsukuba: Isebu. 1999. P. 132-142. **10.** Ефремов С.П., Ефремова Т.Т., Мелентьева Н.В. Запасы углерода в экосистемах болот // Углерод в экосистемах лесов и болот России. Красноярск, 1994. С. 128-139.

The balance carbon from oligotrophic bogs Tomsk region

E.A. Golovatskaya

The balance of carbon of bog ecosystem can be presented as a system of blocks and flows. The storage of carbon as phytomass, in peat, in bog water and in atmosphere are blocks of carbon. Flows are photosynthesis carbon products, emission CO_2 and methane, removal of carbon with bog water, decay of the litter and peat, respirations of roots, as well as transition of carbon from one block in another through the death of parts of the plants, respirations of the plants, and annual deposition of peat. In the report the studies on native oligotrophic bog are presented. The main blocks and flows of carbon are considered.

УВЛАЖНЕННОСТЬ ПОЧВЫ НА БОЛОТАХ РАЗЛИЧНЫХ ТИПОВ ВОДНО-МИНЕРАЛЬНОГО ПИТАНИЯ

И.А. Гончарова

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

Проведен анализ изменения увлажненности в верхнем 30-сантиметровом слое почвы на болотах четырех типов водно-минерального питания: олиготрофном, олиго-мезотрофном, мезотрофном и евтрофном. Приводятся данные об изменении уровня почвенно-грунтовых вод в течение летнего периода. Сделан вывод о влиянии типа питания болота на характер увлажнения верхних слоев почвенного горизонта.

Контрастная дифференциация экологических условий, связанная с пространственно неоднородной структурой микрорельефа и с характером обводнения субстрата, четко определяет структуру напочвенного покрова, что является показателем его гомеостаза на болотах. В связи с этим, изучение режима грунтовых вод и увлажненности почвы под лесными насаждениями актуально.

Методика исследований

Исследования проводились на лесоболотном стационаре Института леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, который располагается в северной части междуречья рек Оби и Томи на территории Тимирязевского лесхоза Томской области.

Объекты изучения располагались на болотных массивах различных типов водно-минерального питания (олиготрофные, олиго-мезотрофные, мезотрофные и евтрофные).

Пробные площади (ПП) № 1, 2 были заложены соответственно в центре и на периферии выпуклого олиготрофного болота Киргизное. Его генетический центр занимает бессточную котловину на водоразделе небольших речек Еловки и Жуковки, относящихся к системе р. Томи. Выпуклая центральная часть, будучи менее влажной, существенно отличается от склоновых и периферийных участков [1]. Здесь преобладают сфагновые подушки высотой около 40 см. Кустарничковый покров развит хорошо и размещается достаточно равномерно. В его составе господствуют *Chamaedaphne calyculata (L.) Moench, Vaccinium uliginosum L., Ledum palustre L.,* брусника *(Vaccinium vitis-idaea L.),* черника *(Vaccinium myrtillus L.)*, подбел *(Andromeda polifolia L.)* и др. На более увлажненной периферийной части болота микрорельеф представлен сфагновыми буграми высотой 70–110 см, пушицевыми кочками высотой 20–25 см и обводненными мочажинами. От окраины болота к вершине увеличивается доля зеленых мхов *(Dicranum polysetum Sw., Pleurozium schreberi Mott.* при одновременном уменьшении доли сфагновых мхов (*Sphagnum fuscum Klinggr., S. magellanicum Brid., S. angustifolium (Russ.) C. Jens., S. fallax (Klinggr.) Klinggr.* и др).

Пробные площади (ПП) № 4, 5 заложены на олиго-мезотрофных болотных массивах Кирсановское и 109-й квартал. На данных болотах преобладают крупнобугорковые комплексы с перепадом высот 0.7–1.5 м. В древесном ярусе преобладают разновозрастные поколения сосны. Крупнобугорковые комплексы заняты мохо-

во-лишайниково-кустарничковыми группами ассоциаций. Мочажины и межбугорковые понижения сильно обводнены и представлены осоково-сфагново-пушициевыми группировками с примесью шейхцерии *(Scheuchzeria palustris L.)*. В травяно-кустарничковом ярусе присутствуют осоки *(Carex lasoicarpa Ehrh., C. Globularis L.)*, вейники *(Calamagrostis canescens (Web.) Roth, C. neglecta (Ehrh.) Blauv.*, багульник, кассандра, андромеда, пушица влагалищная, брусника, морошка.

Пробная площадь (ПП) № 6 заложена на мезотрофном участке заболоченного леса на отрогах Трошинского болота. Почвенная поверхность болотного массива имеет контрастное расчленение на элементы микрорельефа. Общее проективное покрытие положительными элементами достигает 55–60 %. Древесный ярус представлен сосной. Травяно-кустарничковый ярус представлен видами: *Ledum palustre L., Vaccinium myrtillus L., Andromeda polifolia L., Carex lasoicarpa Ehrh., C. Globularis L., Calamagrostis canescens (Web.) Roth* и др.

Пробные площади (ПП) № 7, 8, 9 заложены на Жуковском болоте евтрофного типа. Болото залегает в котловине частично затопляемой прирусловой зоны поймы р. Жуковки. Пробные площади № 7 и 8 занимают неосушенные соответственно притеррасную и прирусловую части торфяника, которые заняты согрой кочкарно-осоковой. Поверхность согры относительно плоская, густо покрытая осоковыми кочками, высота которых 20–50 см. Древостой образован кедром с участием ели, пихты.

Пробная площадь № 9 заложена на осушенной в 1964 г. части Жуковского болота с первоначально сплошным осоково-гипновым покровом, куртинными зарослями карликовой березы *(Betula nana L.)* и редким древесным ярусом сосны с незначительной примесью кедра и лиственницы. Травяной покров почти сплошной и мощно развитый, богатый такими видами как *Angelica sylvestris L., Filipendula ulmaria (L.) Maxim., Calamagrostis langsdorffii (Link) Trin., C. canescens (Web.) Roth, Carex cespitosa L.* и др.

В моховом покрове главное место принадлежит зеленым и сфагновым мхам *(Hylocomium splendens (Hedw.) B.S.G., Pleurozium schreberi, Helodium blandowii (Web. et Mohr) Warnst, Sphagnum girgensohnii Russ.,* и др.

Пробная площадь (ПП) № 10 заложена на Большом Еловочном болоте в травяно-сфагновом сосняке с березой в пойме р. Еловки. Микрорельеф слабокочковатый. Высота кочек в среднем около 25 см. Состав древесного яруса 5С5Б + К ед. Лц. Подлесок очень редкий. Травяно-кустарничковый покров занимает около 40% площади и представлен такими видами как *Calamagrostis lansdorfii Ehrh., Chamaedaphne calyculata L.,. Menyanthes trifoliate L.* и др. Почти сплошной моховой покров микроповышений образован *Sphagnum centrale C. Jens* с участием *Sphagnum wulfianum Girg.* и *S. warnstorfii Russ*.

На всех вышеперечисленных болотных массивах были заложены пробные площади, где проводились геоботанические описания, измерялись уровень почвенно-грунтовых вод (УПГВ), увлажненность почвы. Определение УПГВ на отрицательных элементах микрорельефа проводили в смотровых колодцах (1.5 м), в которых за нулевую отметку принималась уплотненная поверхность торфяного слоя. Замеры проводились каждые четыре дня в течение июля–августа 2000 года.

Определение увлажненности почвы отбор образцов проводили в четырехкратной повторности с 5-сантиметровым шагом от уровня мохового очеса до глубины

30 см. Образцы высушивались при температуре 105°С до абсолютно сухого состояния. Расчет увлажненности почвы производился по [2]. Названия мхов и сосудистых растений приводятся согласно [3, 4].

Результаты исследований

Увлажненность почвы на болотах олиготрофного типа. Наблюдения, проведенные на Киргизном болоте (ПП 1, 2), показали, что, несмотря на один и тот же тип водно-минерального питания (атмосферный), различные участки болотного массива имеют разный характер изменения увлажненности почвы с глубиной на микропонижениях и моховых подушках. Поскольку торфяник имеет выпуклую форму, его вершина "выдавливает" почвенно-грунтовые воды на окраинные участки. Так, в июле 2000 г. УПГВ на периферии колебался от 17±1 до 23±1 см, тогда как на вершине - от 33±1 до 40±1 см ниже поверхности почвы.

Известно, что общий ход влагонасыщения почвы прямо пропорционально зависит от глубины слоев торфа от поверхности [1, 5]. По нашим результатам зависимость увлажненности почвы от глубины имеет возрастающий характер, но нелинейный.

Результаты по определению увлажненности почвы до глубины 30 см от поверхности представлены на рисунке 1. На окраине болота увлажненность поверхностных слоев почвы на торфяных буграх увеличивается с 24.7 % до 60.2 %, в мочажинах - от 63 % до 93.0 %. На вершине болота на моховых подушках увлажненность почвы увеличивается от 25.0 % до 81.7 % (на глубине 22.5 см), в мочажинах - от 31.6 % до 100 %.

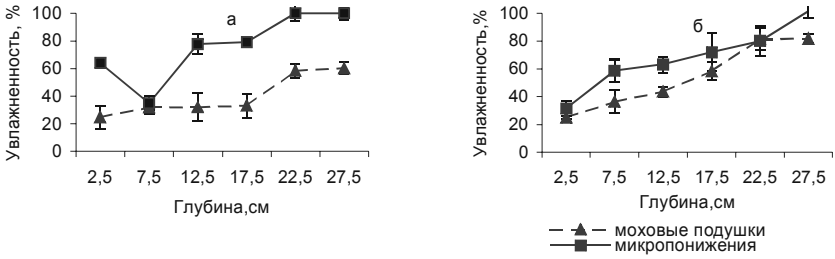


Рис. 1. Зависимость увлажненности почвы от глубины на периферии олиготрофного (Киргизного) болота (а) и его залесенной вершине (б) (ПП 1, 2)

Амплитуда колебаний увлажненности почвы между положительными и отрицательными элементами микрорельефа на вершине (33 %) в 1.7 раз меньше, чем на окраине болота (56 %). Это объясняется тем, что торфяные бугры на периферии болота имеют большую высоту, чем моховые подушки на вершине (по сравнению с отрицательными элементами микрорельефа) и в большей степени подвержены воздействию ветра.

Увлажненность почвы на болотах олиго-мезотрофного типа. Отборы образцов для определения увлажненности почвы на Кирсановском болоте (ПП 4) и

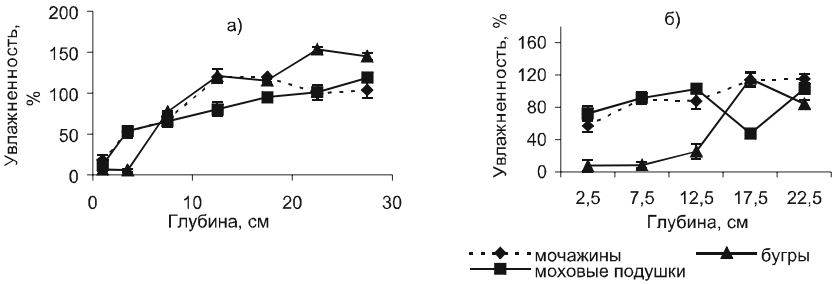


Рис. 2. Изменение увлажненности почвы с глубиной на олиго-мезотрофном болоте Кирсановское (ПП 4) (а) и болото 109-й квартал (ПП 5) (б)

болоте 109-й квартал (ПП 5) проводились в одни и те же дни на трёх различных элементах микрорельефа: в мочажинах, моховых подушках высотой 25–30 см и торфяных буграх высотой до 1.5 м. Несмотря на одинаковый тип водно-минерального питания (олиго-мезотрофный) и УПГВ (31±2 см на Кирсановском болоте и 28±2 см на болоте 109-й квартал), кривые, отражающие изменение увлажненности с глубиной, имеют различный характер (рис. 2).

Увлажненность почвы на болотах мезотрофного типа. На ПП 6, относящейся к болотным массивам мезотрофного типа, отбирались образцы почвы в мочажинах, где произрастает *Sphagnum angustifolium (Russ.) C. Jens,* и на моховых подушках высотой до 40 см под *S. magellanicum Brid*. УПГВ на данном болоте составляет в среднем 27±0.2 см. Кривые, отражающие общий ход изменения увлажненности 30-сантиметрового слоя почвы с глубиной на данных элементах микрорельефа, имеют одинаковый характер с максимумом, соответствующим глубине 12.5 см, и минимумом на глубине 17.5 см, более выраженном в случае моховых подушек (рис. 3). Как и ожидалось, увлажненность почвы в мочажинах выше, чем на моховых подушках. Минимальная разница значений составляет 8 % у поверхности почвы, а максимальная (49 %) - на глубине 15–20 см. Как и в случае олиго-

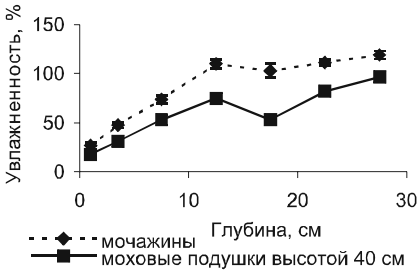


Рис. 3. Изменение увлажненности почвы с глубиной на мезотрофном болоте (ПП 6)

мезотрофных болотных массивов, на мезотрофном болоте наблюдается нарушение плавного увеличения увлажненности почвы с минимумом на глубине 15–20 см.

Увлажненность почвы на болотах евтрофного типа. В притеррасной согре Жуковского болота (ПП 7) отбор образцов проводился в обводненной мочажине, а также на моховых подушках под зелеными мхами и под сфагновыми моховыми подушками. Кривые, отображающие изменение увлажненности почвы с глубиной на моховых подушках имеют точки перегиба на глубине 12.5 см (сфагновые мхи) и 7.5 см (зеленые мхи); на меньшей глубине скорость изменения увлажненности почвы с глубиной возрастает, а на большей глубине — убывает. В мочажинах увлажненность почвы поверхностного слоя составляет более 40 %, затем резко возрастает, и на глубине 2.5 см от нулевой отметки этот показатель становится 120 %. Характер зависимости увлажненности почвы от глубины в мочажинах строго линейный. УПГВ в притеррасной согре колеблется в пределах от 15±4 см до 36±4 см.

На осушенной части того же болотного массива (ПП 9) УПГВ изменялся в пределах от 27±8 см до 51±8 см от поверхности почвы. Кривая увлажненности почвы на мочажинах имеет тот же характер, что и на рисунке 3, с максимумом на глубине 12.5 см и минимумом на глубине 17.5 см.

В прируслovой согре (ПП 8) УПГВ колеблется в пределах 6±1.5 см от поверхности. Вследствие этого увлажненность почвы в слое 0–5 см составляет около 50 %, а на глубине 5–10 см – 127 %. Ниже отметки 10 см уже находятся грунтовые воды напорного происхождения.

Анализируя изменение увлажненности почвы от глубины на болотах различных типов водно-минерального питания, можно сделать следующие выводы. Плавное увеличение увлажненности почвы с глубиной наблюдается на олиготрофных (за исключением микропонижений на периферии болота) и евтрофных болотах (за исключением осушенной части).

На моховых подушках олиготрофных и евтрофных болот значения увлажненности почвы увеличиваются с глубиной.

На болотах олиго-мезотрофного, мезотрофного типа и осушенной части евтрофного болота наблюдается нарушение плавного хода изменения увлажненности почвы с глубиной. Увлажненность слоя почвы до глубины 12.5 см обусловлена атмосферными осадками. Увлажненность почвы на глубине 12.5–17.5 см (в зависимости от типа питания болота и микрорельефа) минимальна. Это связано с тем, что низкий уровень почвенно-грунтовых вод обеспечивает капиллярный подъем влаги лишь до глубины 20–25 см от поверхности почвы. Как результат, при длительном отсутствии дождей, слой почвы между ними оказывается менее влажным и, тем самым, нарушается непрерывное увеличение увлажненности почвы с глубиной.

Максимальная разница в значениях увлажненности почвы между положительными и отрицательными элементами микрорельефа достигает 106 % на евтрофном болоте.

Литература

1. Пьявченко Н.И. Типы болотных лесов Томского стационара // Особенности болотообразования в некоторых лесных и предгорных районах Сибири и Дальнего Востока. М., 1965.

С. 97–115. **2.** Федоровский Д.В. Определение водных и физических свойств почвы при проведении полевых и вегетационных опытов // Агрохимические методы исследования почв. М., 1975. С. 296–330. **3.** Игнатов М.С., Афонина О.М. Список мхов территории бывшего СССР // Arctoa. 1992. № 1. С. 1–87. **4.** Черепанов С.К. Сосудистые растения России и сопредельных государств. С.-П., 1995. 990 с.

Soil humidity at the different mire types

I.A. Goncharova

The analysis of soil humidity changes with depth at four mire types (oligotrophic, oligo-mesotrophic, mesotrophic, eutrophic) was made. The dates about water level changes during summer period are presented. It may be inferred that bog type influence dominantly the soil humidity.

ХАРАКТЕРИСТИКА НЕКОТОРЫХ ВИДОВ ТОРФА ТОМСКОЙ ОБЛАСТИ

М.В. Гостищева[1], О.А. Кузьменко[2]

[1]Томский государственный педагогический университет, labtor@mail.tomsknet.ru
[2]Томский государственный университет

В статье приведена общетехническая и химическая характеристика репрезентативных видов торфа Томской области. Изученные торфа являются ценным сырьём и могут быть использованы в медицине и сельском хозяйстве.

По данным ученых [1, 2], Западная Сибирь – это крупнейший торфяной регион мира с площадью торфяных месторождений в границах промышленной глубины залежи более 3000 км^2, с запасами торфа 108 млрд. т, что составляет около 39 % мировых ресурсов. Томская область располагает богатейшими торфяными ресурсами - 26 % от запасов в Западно-Сибирском регионе, представленными торфами разного состава, изученность которых не велика. По своим характеристикам торф является перспективным сырьём для производства продукции широкого ассортимента. Особенную ценность он представляет для производства гуминовых препаратов различного назначения, поскольку характеризуется высоким содержанием гумусовых веществ, богатым набором биологически активных соединений, благоприятно влияющих на организм человека и обладающих определёнными фармакологическими свойствами. В связи, с чем возникает интерес к детальному изучению состава и свойств торфов.

Целью данной работы является изучение свойств отдельных репрезентативных торфов Томской области.

Методика исследований

Объектами послужили один вид верхового и переходного типа, и три вида торфа низинного типа, отобранные с двух торфяных месторождений, расположенных в зоне крупных разнотипных месторождений южно-таёжной подзоны Западной

Сибири в пределах Томской области. Торфяное месторождение «Васюганское» в окрестностях дер. Полынянка Бакчарского района, согласно болотному районированию О.Л. Лисс [3] относится к Западно-Сибирской таёжной болотной области бореально-атлантических выпуклых олиготрофных моховых болот активного заболачивания. Торфяное месторождение «Тёмное» относится к Обь-Чулымской болотной провинции, выделяемой в пределах подзоны эвтрофных древесно-травяно-моховых болот. Отбор проб проводился согласно методике, разработанной лабораторией торфа и экологии СибНИИТ СО РАСХН буром ТБГ-1. В пробах торфа проведены следующие анализы: степень разложения, влажность, зольность, кислотность: pH солевой вытяжки, гидролитическая кислотность, сумма поглощённых оснований, подвижные соединения: нитратный азот, аммиачный азот, железо, калий, фосфор [4]. Фракционно-групповой анализ состава органической части торфа определяли по методу Бамбалова [5].

Данный метод позволяет подвести материальный баланс разных групп органического вещества. В целом, данная схема фракционно-группового анализа близка к схеме Тюрина-Кононовой, но отличается от неё отсутствием операции декальцинирования, а от схемы Пономарёвой и Николаевой – отсутствием операции выделения фракции гумусовых веществ щёлочью при нагревании. Преимуществом данного метода является извлечение ГК сразу после битумов, поскольку предварительный кислотный гидролиз углеводной части (как в методе Инсторфа) приводит к значительным изменениям состава и структуры органических соединений торфа, искажаются их природные особенности. Особенно сильным изменениям подвергаются гуминовые вещества: происходит их частичный гидролиз, сопровождающийся «искусственной гумификацией» веществ неспецифической природы. Говоря о плюсах выбранного метода также необходимо отметить, что особенностью пирофосфата натрия, как экстрагента, по данным [6, 7], является его способность извлекать не только «свободные» гуминовые кислоты, но и связанные с минеральными компонентами, если предварительно не был проведён кислотный гидролиз. Таким образом, данный метод позволяет получить препараты гуминовых кислот со структурой, близкой к естественной и изучить их особенности, что является немаловажным фактом для медицинских целей.

Результаты исследований

Все исследуемые торфа имеют высокую степень разложения и невысокую зольность, характеризуются в среднем близкой pH (табл. 1). Так, верховой, переходный и низинный древесно-травяной торфа являются среднекислыми, остальные – слабокислыми. Гидролитическая кислотность существенно различается по типам торфов, и закономерно возрастает от низинного типа к верховому. Данный показатель важен при определении агрономической ценности торфа, так для низинного торфа данный показатель не должен превышать, согласно [8], 55 мг*экв/100 г, а для верхового и переходного типа – 140 мг*экв/100 г сухого вещества.

Повышенным содержанием минерального азота характеризуются низинные травяной и травяно-моховой торфа, затем следует низинный древесно-травяной, и

наименьшее содержание - в верховом и переходном торфах. В среднем содержание подвижных соединений азота в верховом и переходном торфах соответствуют требованиям, предъявляемым к торфам как агрохимическому сырью (не менее 35 мг/100 г), в низинных - данный показатель немного ниже требуемого (не менее 90 мг/100 г) [9]. Основная часть фосфора в торфе имеет органическое происхождение. Неорганический фосфор поступает в торф с почвенно-грунтовыми водами, что и доказывает более высокое содержание его в низинном древесно-травяном торфе (25.4 мг/100 г), по отношению к другим торфам. В основном же фосфор в торфе содержится в незначительном количестве, ниже допустимого минимума (не менее 50 мг/100 г для низинных и не менее 30 мг/100 г для верховых и переходных торфов) [9]. Калия в исследуемых торфах ещё меньше, чем фосфора, и не удовлетворяет предъявляемым требованиям (не менее 80 мг/100 г для низинных и не менее 40 мг/100 г - для верховых и переходных торфов) [9]. В исследуемых торфах содержание железа удовлетворяет необходимым требованиям (не более 1 г/100 г – для верховых и переходных и не более 3 г/100 г – для низинных торфов) [9].

Таблица 1

Агрохимические свойства торфов

Показатели	Вид, тип торфа				
	сосново-пушицевый верховой, R=35 %, A=6.3 %	**осоковый переходный, R=45 %, A=4.8 %**	**травяно-моховой низинный, R=40 %, A=4.3 %**	**травяной низинный, R=45 %, A=10.4 %**	**древесно-травяной низинный, R=25 %, A=8.1 %**
pH солевой вытяжки	4.2	4.1	4.6	4.8	3.9
Гидролитическая кислотность, мг*экв/100 г	105.2	105.1	87.7	72.8	63..3
Сумма поглощённых оснований, мг*экв/ 100 г	186.8	192.7	288.7	220.4	196.4
$N\text{-}NH_4$, мг/100 г	46.5	34.4	59.3	64.4	53.8
$N\text{-}NO_3$, мг/100 г	17.1	15..9	12.6	19.3	16.2
P_2O_5, мг/100 г	19.4	18..9	24.8	18.8	25.4
K_2O, мг/100 г	18.1	6.4	9.0	14.7	16.4
Fe_2O_3, мг/100 г	60.5	57.6	193.1	210.9	159.9

Примечание: R – степень разложения торфа, A – зольность торфа.

Фракционно-групповой состав органического вещества торфа представлен в таблице 2. В исследуемых объектах наблюдается различная битуминозность, что связано с разным начальным содержанием битумов в растениях. Более высокая битуминозность верховых торфов объясняется синтезом смолистой части за счёт конденсации гуминовых кислот с сахарами и альдегидами. Происходит не только накопление гуминовых кислот в результате распада, но и превращение их в битумные вещества при взаимодействии кислот с продуктами неполного разложения (клетчатка, белки, жиры). В низинном торфе эти процессы изменяются влиянием водно-минерального режима, при котором происходит образование торфа [10].

Параллельно с разрушением целлюлозы под действием микробов наступает распад легкогидролизуемых веществ и, прежде всего сахаров и их полиоз. Потери углеводного комплекса, таким образом, резко увеличивают содержание битумов. По данным [11], с повышением в торфе количества сосны, пушицы и вахты, битуминозность увеличивается, что прослеживается в исследуемых образцах. Так, самое высокое количество битумов наблюдается в верховом сосново-пушицевом торфе – 9.5 % при самом высоком содержании сосны – 25 %, пушицы - 25 % и невысоком содержании вахты. Несколько меньше содержится в переходном осоковом торфе (6.7 %): сосны – 5 %, пушицы – 5 %, вахты – 5 % и в низинном древесно-травяном торфе (5.1 %): вахты – 25 %. Самое низкое содержание битумов наблюдается в низинных торфах: травяном – 3.9 % (сосны – 5 %, вахты – 5 %) и травяно-моховом – 3.6 % (пушицы-10 %, вахты-10 %).

Таблица 2

Групповой состав органического вещества торфа, % ОВ

Содержание ОВ, % СВ	Битумы	Гумусовые вещества			ВРВ+ЛГВ	ТГВ	НГО (лигнин)
		0.1 н NaOH		0.1 н $Na_4P_2O_7$			
		ГК	ФК	ГК			
Сосново-пушицевый верховой торф, R=35 %							
93.7	9.5	38.4	5.1	5.7	14.7	7.2	25.0
Осоковый переходный торф, R=45 %							
95.1	6.7	40.4	4.5	5.9	16.4	6.5	25.4
Травяно-моховой низинный торф, R=40 %							
95.7	3.6	39.2	3.6	11.7	16.3	8.5	25.8
Травяной низинный торф, R=45 %							
89.6	3.9	31.0	3.7	2.2	17.9	8.8	34.7
Древесно-травяной низинный торф, R=25 %							
91.9	5.1	43.6	6.4	5.7	14.1	6.3	24.4

Примечание*:* ОВ – органическое вещество, СВ – сухое вещество, ГК – гуминовые кислоты, ФК – фульвокислоты, ВРВ+ЛГВ – водорастворимые и легкогидролизуемые вещества, ТГВ – трудногидролизуемые вещества (целлюлоза), НГО – негидролизуемые вещества (лигнин), 0.1 н NaOH – щелочная фракция ГК, 0.1 н $Na_4P_2O_7$ – пирофосфатная фракция ГК.

Таким образом, все отклонения битуминозности связаны с изменением ботанического состава торфа. Прослеживается зависимость: содержание битумов увеличивается по мере уменьшения количества целлюлозы. Также наблюдается связь между содержанием углеводного комплекса торфа и степенью разложения, что подтверждается большим фактическим материалом исследований, ранее проведенных другими авторами [11]. Наибольшее содержание ВРВ+ЛГВ и ТГВ характерно для низинного травяного (17.9 % и 8.8 % соответственно), переходного осокового (15.4 % и 6.5 %) со степенью разложения 45 % и низинного травяно-мохового торфа со степенью разложения 40 % (16.3 % и 8.5 %). Наименьшее количество ВРВ, ЛГВ и ТГВ соответствует верховому сосново-пушицевому со степенью разложе-

ния 35 % (14.7 % и 7.2 %) и низинному древесно-травяному со степенью разложения 25 % (14.1 % и 6.3 %) торфам. По содержанию негидролизуемой части торфа – лигнина обнаруживается зависимость, связанная с уменьшением данной группы веществ при увеличении в торфе доли ГВ. Это можно объяснить тем, что лигнины являются единственными исходными веществами при торфообразовании, как считают многие исследователи до настоящего времени, хотя и есть доказательства образования ГВ при отсутствии лигнина [11]. Содержание лигнина в исследуемых торфах, по сравнению с литературными данными [4, 5, 10, 11] очень высокое, что является особенностью торфов Томской области [12].

Основными компонентами, определяющими свойства торфяных систем, являются гуминовые вещества, представляющие коллоидно-высокомолекулярную составляющую торфа. Количеству ГВ в исследуемых торфах принадлежит большая часть и составляет от 34.7 до 50.0 % органической массы, что характерно для торфов с высокой степенью разложения [10, 11]. В целом, исследуемые торфа характеризуются как богатое ГВ органогенное сырьё. Наличие ГВ придаёт торфам ценные агрохимические свойства и физиологическую активность. Наименее обогащен ГК низинный травяной торф, далее по возрастанию идут низинный травяно-моховой, верховой сосново-пушицевый и переходный осоковый торфа. Наибольшее содержание ГК характерно для низинного древесно-травяного торфа – 43.6 %. В общем количестве ГВ доле ГК принадлежит большая часть и в среднем в 6.8-10.9 раз больше, чем ФК. С ростом гумификации и, следовательно, выхода суммарных гуминовых кислот возрастает и выход фульвокислот. В исследуемых образцах наблюдается пропорциональное увеличение ФК при увеличении ГК. Степень биохимической устойчивости ОВ торфа прослеживается по содержанию пирофосфатной, наиболее химически зрелой фракции. Таким образом, менее биохимически устойчивым является травяной низинный торф, а более – низинный травяно-моховой, остальные торфа имеют незначительные отличия. Данные колебания связаны с трофностью среды, при которой происходит образование торфа, и обусловлены исходным составом растительных остатков или особенностями водного режима болотного фитоценоза [13].

Полученные результаты общетехнического, агрохимического анализа, ботанического состава, группового состава органического вещества исследованных репрезентативных торфов Томской области качественно характеризуют их как богатый гуминовыми веществами природный источник, играющих роль биологически активных веществ. Наиболее представительная группа соединений торфа – гуминовые вещества, в частности гуминовые кислоты, вызывает особый интерес, поскольку в литературе имеются данные об их высокой биологической активности по отношению к растениям [14], животным [15], человеку [16], и являются перспективными объектами для дальнейшего исследования. Руководствуясь вышеописанными свойствами, исследованные торфа можно рекомендовать для использования в медицине с целью получения лекарственных гуминовых препаратов. Изученные торфа являются также ценным агрохимическим сырьём и могут быть использованы для приготовления разнообразных удобрительных смесей и составов.

Выражаем искреннюю благодарность за помощь в определении ботанического состава торфов с.н.с. лаб. биогеоценологии НИИ ББ при ТГУ, к.б.н. Е.Я. Мульдиярову.

Работа выполнена под руководством д-ра с.-х. наук, член-корр. РАСХН, профессора Л.И. Инишевой.

Литература

1. Инишева Л.И., Архипов В.С., Маслов С.Г., Михантьева Л.С. Торфяные ресурсы Томской области и их использование. Новосибирск, 1995. 88 с. **2**. Markov V.D., Ospennikova L.A., Skobeyeva Ye.I., Matukhina V.G., Inisheva L.I., Lapshina Ye.D., Mikhantyeva L.S. General review of West-Siberian mires // Global peat resources. Jyska, 1996. P. 203-207. **3.** Лисс О.Л., Абрамова Л.И., Аветов Н.А., Березина Н.А. и др. Болотные системы Западной Сибири и их природное значение. Тула, 2001. 584 с. **4**. Лиштван И.И. Основные свойства торфа и методы их определения. Минск, 1975. 306 с. **5.** Бамбалов Н.Н., Беленькая Т.Я. Фракционно-групповой состав органического вещества целинных и мелиорированных торфяных почв // Почвоведение. 1998. № 12. С. 1431-1437. **6.** Комиссаров И.Д., Виленский И.И., Федченко О.И. Извлечение гуминовых веществ из органогенных пород // Гуминовые препараты: Научный трактат. Тюмень, 1971. Т. XIV. С. 10-33. **7.** Кухаренко Т.А. О методах выделения гуминовых кислот из торфа и углей / / Химия твёрдого топлива. 1980. № 5. С. 87-94. **8.** Базин Е.Т., Макурина З.М., Женихов Ю.Н. Использование торфа и торфяных месторождений в сельском хозяйстве. Калинин, 1982. 100 с. **9.** Васильев В.А., Филиппова Н.В. Справочник по органическим удобрениям. М., 1988. 256 с. **10.** Физика и химия торфа: Учебное пособие / И.И. Лиштван, Е.Т. Базин, Н.И. Гамаюнов, А.А. Терентьев. М., 1989. 304 с. **11.** Раковский В.Е., Пигулевская Л.В. Химия и генезис торфа. М, 1975. 232 с. **12.** Архипов В.С., Маслов С.Г. Состав и свойства типичных видов торфа Центральной части Западной Сибири // Химия растительного сырья. 1998. №4. С. 9-16. **13.** Дементьева Т.В. Характеристика органического вещества торфа и оценка его биохимической устойчивости как основа рационального использования торфяных почв // Автореф. дисс. ... канд. с.-х. наук. Томск, 2000. 19 с. **14.** Христева Л.А. Участие гуминовых кислот и других органических веществ в питании растений // Почвоведение. 1953. № 10. С. 13-17. **15.** Жилякова Т.П, Панина О.П, Касимова Л.В. Использование гуминового препарата «Торфотон» в качестве противоязвенного средства // Гуминовые вещества в биосфере. С-Пб. 2003. С. 106-107. **18.** Saldan Viktoriya I. Study of Huminat on the human RH line cells // 12th International Peat Congress “Wise use of Peatlands”.-Tampere, Finland, 2004. P. 1205-1208.

The characteristic of some kinds of peat of Tomsk region

M.V. Gostishcheva, O.A. Kuz’menko

In clause it is given technical and the chemical characteristic of representative kinds of peat of Tomsk region. Investigated peat are valuable raw material and can be used in medicine and an agriculture.

ОСОБЕННОСТИ ТОРФОНАКОПЛЕНИЯ НА ТЕРРИТОРИИ ЮЖНО-МИНУСИНСКОЙ КОТЛОВИНЫ

А.В. Гренадерова

Красноярский государственный университет, grenaderova@krasu.ru

Приведены результаты изучения низинных торфяных залежей в Минусинском торфяно-болотном округе. Дана ботаническая характеристика основных видов торфа, выделены растения-торфообразователи, определен возраст отложений.

“Болото – географический ландшафт, закономерно развивающийся под влиянием взаимодействия факторов среды и растительности, которое определяется постоянной или периодически избыточной влажностью и проявляется в гидрофильности напочвенного растительного покрова, болотном типе почвообразовательного процесса и накоплении торфа” [1].

Динамика растительности болот с некоторым запозданием повторяет этапы развития природно-климатических процессов, что находит отражение и в смене торфяных горизонтов слагающих торфяную залежь [2]. Резкое изменение показателей, определяющих водный режим, ведет к появлению границы смены топяных биоценозов лесными и наоборот, и является закономерным процессом [3]. Связь между динамикой торфонакопления и изменением климатических параметров (тепло- и влагообеспеченность) особенно сильно проявляется при развитии небольших по массе болот (до 5000 га) [4, 5].

На территории Красноярского края наиболее сильно заболочена западная часть (левобережье Енисея), которая представляет собой восточную окраину Западно-Сибирской низменности с присущим ей относительно равнинным аккумулятивным рельефом. В восточной части, представляющей возвышенное, довольно сильно расчлененное плоскогорье, болотообразовательный процесс выражен гораздо слабее [6]. По степени заболоченности, размерам болотных массивов, свойствам торфяных залежей Н.И. Пьявченко [6] выделил на территории Красноярского края шесть болотных районов: 1) арктических тундровых болот; 2) полигональных и плоскобугристых болот; 3) крупнобугристых торфяников; 4) выпуклых верховых болот; 5) разнотипных болот южной тайги; 6) низинных болот лесостепи. На сегодняшний день одним из наименее изученных в плане торфонакопления остается район низинных болот лесостепи, который подразделяется на район низинных болот северной лесостепи и низинных болот южной лесостепи.

Нами с целью изучения особенностей торфонакопления низинных болот южной лесостепи Приенисейской Сибири были изучены пойменные торфяные отложения в долинах правых притоков р. Енисей: р. Оя, р. Лугавка, р. Иджа, р. Шушь.

Методика исследований

Основной метод наших исследований - ботанический анализ торфа, который заключается в установлении процентного соотношения остатков растений-торфообразователей в осредненной пробе без гумуса с помощью микроскопа, и последующим определением типа, группы и вида торфа [7]. Образцы торфа были отобраны из шурфов сплошной колонкой с интервалом 5 см. Подготовка образцов к

ботаническому анализу проведена принятым в болотоведении методом [7]. Для идентификации растительных остатков применялись эталонные препараты растений-торфообразователей, а также атласы растительных остатков, встречаемых в торфе [8, 9]. Степень разложения торфа определена объемно-весовым методом [10]. Радиоуглеродное датирование проведено в Институте геологии СО РАН в лаборатории геологии и палеоклиматологии кайнозоя с.н.с., к. г.-м. н. Л.А. Орловой. Периодизация голоценовых отложений осуществлена на основе схемы Блитта-Сернандера в модификации Н.А. Хотинского, уточнённой для Южно-Минусинской котловины Г.Ю. Ямских [11]. Границы периодов и подпериодов голоцена проведены в соответствии со следующими интервалами: 0-950 лет назад – SA_3, 950-1650 л.н. – SA_2, 1650-2400 л.н. – SA_1, 2400-3000 л.н. – SB_3, 3000-4000 л.н. – SB_2, 4000-4900 л.н. – SB_1.

Результаты исследований

На территории Южно-Минусинской котловины, относящейся по болотному районированию лесостепи Средней Сибири [12] к Минусинскому торфяно-болотному округу изучены торфяные отложения в долинах рек Оя, Лугавка, Иджа, Шушь.

Природные условия лесостепной зоны Красноярского края не благоприятны для развития явлений поверхностного заболачивания и формирования торфяников верхового типа. Возможность заболачивания и накопления торфа в лесостепи имеется, главным образом, в долинах рек за счет выхода грунтовых вод и увлажнения паводкового характера [7]. Наибольшая концентрация болот в южной лесостепи наблюдается в южной части, где преобладают надпойменные и пойменные болота [12]. Форма болот преимущественно вытянутая, соответствующая конфигурациям пойм, террасных понижений. Средняя глубина торфяных залежей по Минусинскому торфяно-болотному району – 1.4 м, максимальная – 5-6 м. Средняя степень заболоченности – менее 1 %, на отдельных участках – 5 %. Размеры болот сравнительно невелики: болота до 100 га составляют 36 %, от 100 до 1000 га – 49 %, от 1000 до 5000 га – 13 %, и свыше 5000 га – 2 % от всей площади торфяного фонда [6].

В долине р. Оя около дер. Козлово на притеррасном участке изучены торфяные отложения разреза “Ивановка” мощностью 2.30 м [13] (рис.).

Мощность изученных отложений в долине р. Иджа (“Иджа”) составила 2.0 м, из них 1.40 м торф, 0.40 м оторфованный суглинок, 0.20 м суглинок с включением детрита. Подстилающие торф суглинки датированы позднеатлантическим и раннесуббореальным временем (табл.). В интервале глубин 2.00-1.80 м суглинок включает единичные остатки хвощей, осок, тростника, рогоза и телиптериса болотного. Остатки хвощовой ассоциации зафиксированы в интервале глубин 1.80-1.40 м. На глубине 2.00-1.55 м от поверхности отмечены раковины моллюсков родов *Planorbis, Lumnea, Vallonia, Pupilla* и *Pisidium*.

На первой надпойменной террасе р. Енисей, в долине р. Шушь около с. Каптырево изучен разрез “Каптырево”, мощность отложений в котором составила 1.20 м, из них 0.20 м гумуссированный суглинок серого цвета с сизым оттенком раннесуббореального возраста, 0.15 м суглинок с включением растительного дет-

Мощность и возраст озерно-болотных отложений

Название разреза	Мощность разреза (торфа), м	Количество датировок ^{14}C	Максимальный возраст торфа, лет	Возраст подстилающих торф отложений, лет
Ивановка	2.3 (2.3)	5	3475±45	4560±40
Иджа	2.0 (1.4)	5	2630±30	4405±85
Каптырево	1.2 (0.8)	3	2515±95	4685±105
Тигрицкое	0.9 (0.68)	3	3320±75	не датирован
Алтан	1.15 (0.55)	3	1255±75	3095±45
Знаменка	0.8 (0.45)	2	1285±40	не датирован

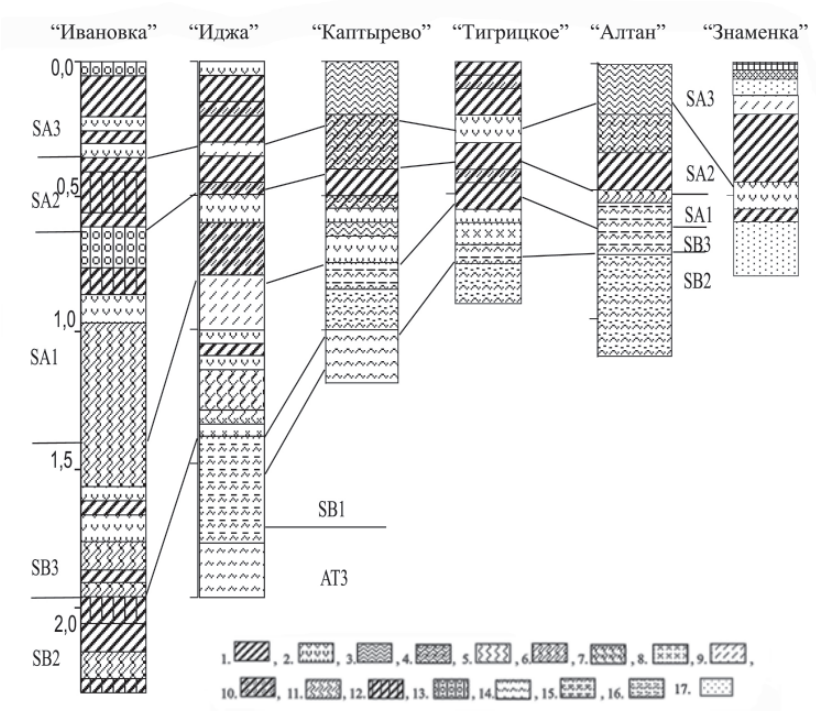


Рис. Корреляция торфяных отложений. Условные обозначения: 1-13 виды торфа: 1) осоковый, 2) травяной, 3) пушицевый, 4) осоково-пушицевый, 5) тростниковый, 6) тростниково-осоковый, 7) хвощово-тростниковый, 8) хвощовый, 9) гипновый, 10) осоково-гипновый, 11) тростниково-гипновый, 12) древесно-осоковый, 13) березовый; 14) гумусированный суглинок, 15) оторфованный суглинок, 16) суглинок с включением растительного детрита, 17) супесь.

рита, 0.10 м оторфованный суглинок позднесуббореального времени, 0.75 м торф. Оторфованный суглинок и нижний слой торфа включают остатки водно-болотной растительности: рдеста пронзеннолистного, камыша озерного, хвоща болотного, телиптериса болотного, аирного корня, триостренника приморского, ежеголовника многогранного, единично отмечены остатки осок, пухоноса альпийского и вейника незамечаемого.

Разрез "Тигрицкое" заложен на левобережной пойме р. Лугавка, в 0.5 км на север от с. Тигрицкое. Мощность изученных отложений 0.90 м из них 0.15 м суглинок с включением остатков хвощовой ассоциации, 0.07 м оторфованный суглинок, 0.68 м торф. Начало торфонакопления датировано концом среднесуббореального периода. Возраст торфа на глубине 0.65-0.68 м составил 3320±75 лет. Оторфованный суглинок и нижний 0.08 м слой торфа содержат остатки хвощово-осоковой ассоциации.

В приустьевом участке р. Лугавка изучен разрез "Знаменка", расположенный в 0.5 км на северо-запад от с. Знаменка. Мощность торфяного слоя составляет 0.45 м, торф подстилается светло-серой супесью с включением растительного детрита. Сверху торфяной слой перекрыт супесью с признаками слаборазвитой почвы, граница раздела торфа и супеси проходит на уровне 0.15-0.13 м и датирована возрастом в 235±80 л.н.

Радиоуглеродное датирование позволило установить, что в южной лесостепи Приенисейской Сибири торфонакопление началось в первой половине суббореального периода, и шло по старичному типу. На начальных этапах при богатом водно-минеральном питании, застойном увлажнении были развиты хвощовая, хвощово-осоковая группы ассоциаций, затем при уменьшении обводнённости распространение получали тростниковая, тростниково-осоковая, разнотравно-осоковая группы ассоциаций. На территории лесостепной зоны Западной Сибири начало торфонакопления началось примерно в это же время [4].

Образование болот в северной лесостепи Приенисейской Сибири началось раньше (в конце атлантического периода 6000–5000 лет назад), чем в южной [14]. В таежной зоне Приенисейской Сибири болотообразование датировано бореальным периодом [15]. Это соответствует выявленной О.Л. Лисс и др. [5] тенденции уменьшения возраста болот в меридиональном направлении с севера на юг: от тундры, тайги, где начало болотообразования датировано бореальным периодом, к подтайге, где значительная часть болот имеет атлантический и суббореальный возраст.

Изученные автором и другими исследователями [6, 12] торфяные залежи на территории Минусинской лесостепи сложены торфами низинного типа. Низинные торфа формируются под фитоценозами, развивающимися в условиях наиболее богатого водно-минерального питания. По соотношению остатков растений-торфообразователей различных жизненных форм низинный тип торфа подразделяется на подтипы и группы торфа [7]. По собственным и литературным данным [11] установлено, что на территории Минусинской лесостепи преобладают торфа топяного подтипа травяной группы: осоковый (встречаемость 38.3 % от всех ви-

дов торфа), травяной (12.8 %), и осоково-гипновый вид торфа (12.5 %) относящийся к травяно-моховой группе.

Кратко опишем виды торфа, отмеченные при изучении торфяных залежей.

Березовый торф (встречаемость 1.2 %)**.** Березовый торф участвует в сложении многослойных топяно-лесных залежей. Торф на 45-50 % состоит из остатков коры и древесины березы секция alba. Из травянистых, в волокне торфа, отмечены остатки *C. dioica L.* – 10-15 %, *C. diandra Schrank* – 10 %, *C. cespitosa L.* – 15-20 %, *Calamagrostis lanceolata Roth.* – 10-20 %, а также *Equisetum palustre L., Thelypteris palustris Schott., Drepanocladus* – ед. Средняя степень разложения березового торфа – 25.8 %. В настоящее время лесные низинные болота в Минусинском болотном округе распространены ограничено и представлены, в основном, редкими березняками [12].

Древесно-осоковый торф (встречаемость 6.1 %) в Минусинском торфяно-болотном округе, как и березовый торф, в основном, участвует в сложении топяно-лесных. Данный вид торфа сложен остатками березы – 10-15%, *C. dioica L.* (15-55 %), *C. vesicaria L.* (до 35 %) *C. cespitosa L.* (5-10 %), *C. chordorrhiza Ehrh., C. lasiocarpa Ehrh.* и *C. tenuiflora Wahlenb.* (ед.), *Calamagrostis lanceolata Roth.* (15-20 %), *Equisetum palustre L.*и *Thelypteris palustris Schott* (ед.). Степень разложения 27-40 %.

Древесно-травяной торф (встречаемость 3.6 %). В формировании древесно-травяного торфа, в отличие от древесно-осокового торфа, большее участие принимает разнотравье: пушица влагалищная, полевица белая, вейник ланцетовидный и др.

Доминирующее участие в сложении торфов Минусинского торфяно-болотного округа принимают торфа, относящиеся к травяной группе. Чаще всего встречается торф **осокового** вида (38.3% от всех видов торфа), что обусловлено большим видовым разнообразием (выделены остатки 16 видов) и широкой толерантностью осок по отношению к водно-минеральному питанию. Отмечены варианты осокового торфа: лазиокарпа-торф (разрезы “Иджа” и “Знаменка”), диоика-торф (“Ивановка”). Кроме основных доминантов принимают постоянное участие *C. cespitosa L., C. vesicaria L., C. appropinquata Schum.*, в небольшом количестве пушица влагалищная, хвощ болотный, зеленые мхи рода Drepanocladus.

Тростниково-осоковый торф (встречаемость 6.7 %). Встречается преимущественно в нижних слоях залежей, и состоит из остатков *Phragmites communis Trin* (35-60 %), *Sagittaria sagittifolia L.* (5-15 %), *Equisetum palustre L., Thelypteris palustris Schott, Comarum palustre L.* и *Triglochin maritima L.* (до 5 %), *C. dioica L., C. cespitosa L.* и *C. vesicaria L*.

Травяной торф (встречаемость 12.8 %) формируется в фитоценозах, где осоки содоминируют с болотным разнотравьем, но в волокне торфа количество осок не превышает 60 %. Слои травяного торфа не велики по мощности, и в основном переслаивают осоковые и осоково-гипновые.

Хвощовый торф (встречаемость 5.5 %) встречается в придонных слоях, где он был отложен на первой стадии зарастания мелководных водоемов. Хвощовый торф на 40-50 % образован остатками *Equisetum fluviatile L.* и *Equisetum palustre L.*, а также *Scheuchzeria palustris L., Scirpus sylvaticus L., Scirpus lacuctris L., Comarum*

palustre L., Phragmites communis Trin., Carex brunescens (Pers.), C. rhynchophysa C. A. Mey., C. cespitosa L., C. diandra Schrank, C. vesicaria L., C. appropinquata Schum.

Осоково-хвощовый торф (встречаемость 3.0 %) содержит, всего около 20-25 % остатков хвоща. Осоково-хвощовый торф чаще всего находится над хвощовым торфом.

Осоково-гипновый вид торфа (встречаемость 12.5 %) – это один из наиболее часто встречающихся видов. Он участвует в сложении осоково-гипновых и многослойных топяных залежей. Волокно торфа образовано остатками зеленых мхов *Drepanocladus aduncus Warnst., D. Vernicosus Warnst., Aulacomnium palustre Schwaegr., Calliergon cordifolium Kindb., C. cuspidata* (в сумме 30-35 %); осок: *C. lasiocarpa Ehrh*. - до 55 %, *C. dioica L., C. panicea L., C. pauciflora Lightf. u C. chordorrhiza Ehrh.* - по 5 %, *C. cespitosa Turcz.* – ед.; *Sagittaria sagittifolia L., Sparganium polyedrum Aech. Et Dr, Menyanthes trifoliata L. Equisetum palustre L., Thelypteris palustris Schott* каждый вид – до 5 %, *Eriophorum vaginatum L.* – 5-10 %.

Гипновый вид торфа (встречаемость 4.9 %) встречается в торфяных залежах небольшими прослоями в сочетании с осоково-гипновым видом, и образован на 50-90 % остатками гипновых мхов рода Drepanocladus, Aulacomnium, Calliergon. Также в сложении торфа участвуют остатки *C. lasiocarpa Ehrh*. – 5-40 %, *C. limosa L., C. panicea L., C. pauciflora Lightf.* и *C. cespitosa Turcz., Sparganium polyedrum Aech. Et Dr, Menyanthes trifoliata L. Eriophorum vaginatum L.* – ед.

Торф **пушицевого и осоково-пушицевого вида** переходного типа (встречаемость 2.7 и 2.7 %) отмечен в верхних слоях торфяных залежей “Каптырево” и “Алтан” (рис.), расположенных на относительно равнинной западной части Минусинского торфяно-болотного округа. Ботанический состав торфа указывает, что эти болотные массивы вышли из-под влияния грунтовых вод в среднесубатлантическое время. В волокне осоково-пушицевого торфа отмечены остатки *Eriophorum vaginatum L.* (40-50 %), *C. lasiocarpa Ehrh*. (15-50 %), *C. pauciflora Lightf.* (до 20 %), *C. panicea L.* (5%), *C. chordorrhiza Ehrh.*, *C. dioica L.* и *C. cespitosa Turcz.* – ед., *Equisetum palustre L.* – ед. Пушицевый торф образован остатками *Eriophorum vaginatum L.* (до 50 %), *E. russeolum Fries* и *E. polystachyon L.* (до 35 %), *C. tenuiflora Wahlb*. (до 15%), *C. panicea L.*, *C. chordorrhiza Ehrh.* и *C. lasiocarpa Ehrh*. – до 5 %.

Таким образом, на территории Минусинской котловины впервые проведен детальный ботанический анализ торфа с определением процентного соотношения видов растений-торфообразователей в сочетании с радиоуглеродным датированием торфяных отложений. Установлено, что торфонакопление началось в суббореальном периоде, ему предшествовало заболачивание мелководных водоемов – стариц. Большинство изученных залежей сложены торфами низинного типа, и до сих пор находятся в зоне влияния грунтовых вод, кроме болот расположенных в западных районах. Основные растения торфообразователи в южной лесостепи: *C. lasiocarpa, C. dioica, C. appropinquata Schum., C. cespitosa, C. vesicaria, Phragmites communis Trin., Equisetum palustre L.*, зеленый мох рода Drepanocladus.

Формирование пойменных торфяных отложений в подзоне южной лесостепи, наряду с аккумуляцией органики, связано с интенсивным накоплением минераль-

ных частиц. Средняя зольность торфа составляет 50 %. В распределении общей зольности торфа и ботанического состава закономерностей не выявлено. Отмечено более высокое содержание минеральных компонентов в придонных и верхних горизонтах торфяных залежей.

Литература

1. Пьявченко Н.И. Лесное болотоведение. М., 1963. 192 с. **2.** Елина Г.А., Лукашов А.Д., Юрковская Т.К. Позднеледниковье и голоцен Восточной Феноскандии (палеорастительность и палеогеография). Петрозаводск, 2000. 243 с. **3.** Макаренко Г.Л. Зональное развитие торфяной залежи в процессе заболачивания суши (на примере простого болотного массива) // Методы исследования торфяных и сапропелевых отложений / Межвузовский сб. науч. тр. Калинин, 1989. С.35-47. **4.** Лисс О.Л., Березина Н.А. Возраст и генезис болот центральной части Западно-Сибирской равнины // Докл. МОИП. Зоол. и бот. 1976. С.84-86. **5.** Лисс О.Л., Абрамова Л.И., Аветов Н.А. и др. Болотные системы Западной Сибири и их природоохранное значение. Тула, 2001. 584 с. **6.** Пьявченко Н.И. К изучению болот Красноярского края // Заболоченные леса и болота Сибири. М., 1963. С. 5-32. **7.** Торфяные месторождения и их разведка (руководства по лабораторно-практическим занятиям). М., 1977. 264 с. **8.** Кац Н.Я., Кац С.В., Скобеева Е.И. Атлас растительных остатков в торфах. М., 1977. 371 с. **9.** Домбровская А. В., Коренева М. М., Тюремнов С. Н. Атлас растительных остатков встречаемых в торфе. М.-Л., 1959. **10.** Пьявченко Н.И. Степень разложения торфа и методы ее определения. Красноярск, 1963. 55 с. **11.** Ямских Г.Ю. Растительность и климат голоцена Минусинской котловины. Красноярск, 1995. 180 с. **12.** Платонов Г.М. Болота лесостепи Средней Сибири. М., 1964. 115 с. **13.** Гренадерова А.В. Реконструкция фитоценотического разнообразия и условий увлажнения болотных сообществ в позднеголоценовое время в долине р. Оя / / Болота и биосфера / Сборник материалов Третьей Научной Школы. Томск, 2004. С.178-183. **14.** Гренадерова А.В. Время формирования торфяников, смена растительного покрова и условий увлажнения в долине р. Кача (северная лесостепь Приенисейской Сибири) // Материалы XL Международной научной студенческой конференции “Студент и научно-технический прогресс”. Новосибирск, 2002. С. 103-104. **15.** Ямских Г.Ю., Карпенко Л.В., Гренадерова А.В. Реконструкция сукцессий растительности и палеогидрологического режима болот (на примере торфяника в долине реки Кас) // География и природные ресурсы. 2004. №4. С.128-134.

The peculiarity of peat accumulation on the territory of South-Minusinsk depression

A.V. Grenaderova

The article about result of study peatlands in the Minusinsk peat district. Describe botanical composition of the main species peat, peat-forming plants, stratigraphy and age of peat deposits.

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА АКТИНОМИЦЕТНЫХ КОМПЛЕКСОВ ОКУЛЬТУРЕННОЙ И ЦЕЛИННОЙ НИЗИННОЙ ТОРФЯНОЙ ПОЧВЫ

А.А. Грядунова

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова,
sashagr2001@mail.ru

Актиномицетные комплексы низинной торфяной окультуренной и целинной почв отличаются высокой численностью и значительным родовым разнообразием мицелиальных прокариот и могут быть сравнимы по этим параметрам с актиномицетным комплексом черноземов. Разные роды актиномицетов поэтапно сменяются в пространственной структуре комплекса в зависимости от условий аэрации и температуры почвы.

Мировые ресурсы торфа признаны уникальным природным потенциалом органического происхождения, влияющим на повышение уровня жизни людей. Торфяные болотные и освоенные почвы широко распространены на земном шаре в различных природных зонах. Торф – это продукт специфической трансформации мертвого органического вещества в условиях анаэробиоза, вызванного таким фактором как, перенасыщенность субстрата водой. Торфообразованию сопутствуют и другие факторы: низкие температуры, низкие значения pH, дефицит питательных веществ, присутствие токсических соединений.

Однако, при этих лимитирующих развитие микроорганизмов условиях, в торфяных почвах выявлены огромные запасы микробной биомассы [1]. Выявлено, что актиномицетный комплекс низинной торфяной окультуренной почвы отличается высокой численностью и значительным родовым разнообразием мицелиальных прокариот, и может быть сравним по этим параметрам с актиномицетным комплексом черноземов. Разные роды актиномицетов могут поэтапно сменяться в комплексе во времени и в зависимости от условий влажности, аэрации и температуры почвы.

Целью нашей работы являются исследования таксономического состава комплекса почвенных актиномицетов окультуренной и целинной низинных торфяных почв в зависимости от способа посева и инкубирования посевов.

Методика исследований

Объектами исследования служили образцы, отобранные из низинной торфяной окультуренной почвы на разнотравно-древесном торфе и низиной торфяной целинной почвы на гипново-травяно-древесном торфе. Образцы отбирались по всему почвенному профилю через каждые 20 см до глубины 100 см на территории Дмитровской лугоболотной станции.

Использовали два способа посева из разведений почвенных суспензий. Первый способ состоял в традиционном посеве капли почвенной суспензии на твердую агаризованную среду с пропионатом натрия. Считали, что в этом случае на среде развиваются аэрофильные микроорганизмы. Второй способ состоял в посеве 0.5 мл почвенной суспензии под среду с пропионатом натрия. Считали, что в этом случае под агаром развиваются микроаэрофильные микроорганизмы. В сре-

ду с пропионатом натрия добавляли комплекс антибиотиков, включающий налидиксовую кислоту (1.5 мкг/мл), нистатин (50 мкг/мл), а также витамин В1 (тиамин) и микроэлементы [2].

Посевы проводили в 5-ти кратной повторности. Инкубацию посевов проводили при 28°С и 37°С для разных опытов в течение 3–4-х недель. Подсчитывали общее число выросших колоний актиномицетов на чашках и проводили их дифференцированный учет по морфологическим типам. Представителей каждого типа выделяли в чистую культуру и проводили предварительную родовую идентификацию, используя дифференциальные таблицы определителя бактерий Берджи [3]. Для этого использовали морфологические характеристики актиномицетов (наличие фрагментации, тип ветвления мицелия, присутствие и характер расположение спор на воздушном и/или субстратном мицелии, число спор в цепочках, диаметр спор, наличие спорангиев, подвижность спор).

Результаты исследований

В актиномицетных комплексах низинной торфяной окультуренной и целинной почвы выявлены представители восьми родов актиномицетов: *Streptomyces, Micromonospora, Actinomadura, Saccharopolyspora, Microbispora, Streptosporangium, Microtetraspora* и *Saccharomonospor* (табл.).

Сравнительное исследование актиномицетных комплексов низинной торфяной окультуренной и целинной почвы при посеве, как в аэробных, так и в микроаэробных условиях показало, что представители родов *Streptomyces, Micromonospora, Streptosporangium, Actinomadura, Saccharopolyspora* выявляются в обоих случаях. Численность микроаэрофильных актиномицетов оказалась на один-два порядка ниже численности аэрофильных форм мицелиальных прокариот.

Показано, что в окультуренной почве численность и особенно родовое разнообразие актиномицетного комплекса, включающего аэрофильные и микроаэрофильные формы, уменьшаются с глубиной, в то время как в целинной почве эти показатели возрастают с глубиной. Так разнообразие актиномицетного комплекса целинной торфяной почвы на глубине 100 см характеризуется 7 родами, включая аэрофильные и микроаэрофильные представители актиномицетов. Разнообразие актиномицетного комплекса окультуренной торфяной почвы на той же глубине характеризуется 3 родами актиномицетов (см. табл.). Следует, однако, заметить, что падение численности актиномицетов с глубиной в окультуренной почве происходит в значительно меньшей степени, чем это отмечается в литературе для почв основных типов (дерново-подзолистая, чернозем, каштановые) [4].

Численности представителей родов *Streptomyces* и *Micromonospora* незначительно колеблются по профилям окультуренной и целинной низинных торфяных почв. Численность других родов может изменяться с глубиной в некоторых случаях на порядок. В окультуренной низинной торфяной почве в верхних трех слоях (0-20 см, 20-40 см, 40-60 см) численность уменьшалась незначительно.

Слой 40-60 см для окультуренной низинной торфяной почвы оказался наиболее богатым по микроаэрофильным родам и достаточно богатым по аэрофильным формам. В нем представлены 6 родов актиномицетов, выделенных при микроаэробных условиях и 7 родов, выявленных в аэробных условиях (см. табл.). Для це-

Сравнительное исследование актиномицетных комплексов в различных слоях окультуренной и целинной низинной торфяной почвы

Слои почвы	Роды актиномицетов	Окультуренная низинная торфяная почва, lg (КОЕ/ г почвы)		Целинная низинная торфяная почва, lg (КОЕ/ г почвы)	
		аэрофилы	микроаэрофилы	аэрофилы	микроаэро-филы
0- 20см	*Streptomyces*	5.93	3.67	4.74	3.57
	Micromonospora	5.07	2.95	4.59	3.10
	Stretosporangium	4.63	2.67	4.69	2.40
	Actinomadura	5.26	2.63	не обн.	2.40
	Mirobispora	4.44	не обн.	не обн.	2.40
	Sacharopolyspora	4.40	не обн.	не обн.	не обн.
	Sacharomonospora	4.40	2.40	не обн.	не обн.
	Microtetraspora	4.40	не обн.	не обн.	не обн.
20-40 см	*Streptomyces*	5.91	3.57	5.47	3.66
	Micromonospora	5.55	3.04	4.94	2.99
	Stretosporangium	4.50	2.74	4.49	не обн.
	Actinomadura	4.59	2.73	4.39	2.40
	Mirobispora	4.40	не обн.	не обн.	не обн.
	Sacharopolyspora	4.88	2.88	4.39	не обн.
	Sacharomonospora	4.70	не обн.	не обн.	не обн.
	Microtetraspora	4.40	не обн.	4.39	не обн.
40-60 см	*Streptomyces*	5.55	3.42	4.94	3.72
	Micromonospora	5.29	2.62	4.76	2.78
	Stretosporangium	4.89	2.51	4.39	не обн.
	Actinomadura	4.49	2.40	4.39	не обн.
	Mirobispora	4.90	не обн.	4.39	не обн.
	Sacharopolyspora	4.52	2.40	4.39	не обн.
	Sacharomonospora	не обн.	не обн.	не обн.	не обн.
	Microtetraspora	4.40	2.40	не обн.	не обн.
60-80 см	*Streptomyces*	4.81	2.83	5.60	3.60
	Micromonospora	4.74	2.72	4.82	2.92
	Stretosporangium	4.64	2.49	4.39	2.45
	Actinomadura	4.40	2.40	4.70	2.40
	Mirobispora	не обн.	не обн.	4.39	не обн.
	Sacharopolyspora	не обн.	не обн.	4.49	2.40
	Sacharomonospora	не обн.	не обн.	не обн.	не обн.
	Microtetraspora	не обн.	не обн.	4.39	2.40
80-100 см	*Streptomyces*	4.48	3.14	4.90	4.00
	Micromonospora	4.63	3.21	4.60	2.40
	Stretosporangium	не обн.	2.40	не обн.	не обн.
	Actinomadura	не обн.	не обн.	не обн.	2.40
	Mirobispora	не обн.	не обн.	4.40	не обн.
	Sacharopolyspora	не обн.	не обн.	4.40	2.40
	Sacharomonospora	не обн.	не обн.	4.40	2.40
	Microtetraspora	не обн.	не обн.	4.70	не обн.

линной низинной торфяной почвы этот слой, напротив, оказался одним из самых бедных по численности и разнообразию микроаэрофильных представителей актиномицетного комплекса. В нем представлены всего лишь 2 рода, выделенных в микроаэробных условиях: *Streptomyces и Micromonospora.*

Слои 60-80 см и 80-100 см окультуренной низинной торфяной почвы оказались наиболее бедными по численности и родовому составу актиномицетов. И те, и другие были представлены 4 родами как аэрофильных, так и микроаэрофильных актиномицетов Численность актиномицетов в этих слоях также была ниже, чем в других горизонтах. В целинной низинной торфяной почве, напротив, эти слои (60-80 см и 80-100 см) значительно различались по численности актиномицетов, а разнообразие мицелиальных прокариот было даже более высоким по сравнению с верхними слоями. Здесь обнаружено 6 родов микроаэрофильных и 7 родов аэрофильных форм.

Численности и качественный состав аэрофильных и микроаэрофильных представителей актиномицетного комплекса уменьшается с глубиной в окультуренной низинной торфяной почве и несколько увеличивается в целинной низинной торфяной почве.

По частоте встречаемости в слоях 60-80 см и 80-100 см окультуренной и целинной низинных торфяных почвах наблюдается убывающий ряд родов *Streptomyces, Micromonospora, Streptosporangium*, *Actinomadura*, *Microbispora, Saccharopolyspora*. По численности преобладают *Streptomyces, Micromonospora, Steptosporangium* и *Actinomadura*. Это справедливо для аэрофильных и микроаэрофильных форм.

При изучении двух почв, целинной низинной торфяной почвы на гипново-травяно-древесном торфе и окультуренной низинной торфяной почвы на травяно-древесном торфе показано, что разнообразие и численность аэрофильных и микроаэрофилных форм актиномицетов, выделяемых из этих почв, по-разному изменяется с глубиной и характеризуется уменьшением в окультуренной и увеличением в неокультуренной почве. Полученные результаты можно связать со степенью окультуренности обеих почв. По литературным данным известно [5], что внесение удобрения, известкование и другие агрохимические приемы положительно сказываются на величинах родового спектра численности актиномицетов.

В окультуренной почве в верхних горизонтах проявляется положительное воздействие агрохимических мероприятий - разнообразие и численность актиномицетов наибольшая [5]. С глубиной эти показатели уменьшаются. В целинной низинной торфяной почве при незначительном уменьшении численности с глубиной, разнообразие актиномицетов, растущих в аэробных и микроаэробных условиях даже несколько увеличивается (слои 60-80 см и 80-100 см). Последнее можно объяснить ухудшением воздушного режима в глубоких слоях целинной низинной торфяной почвы.

Среди аэрофильных представителей актиномицетного комплекса в верхних горизонтах двух изучаемых почв, родов *Streptomyces, Micromonospora, Microbispora, Saccharopolyspora* и *Saccharomonospora* обнаружены представители термотолерантных форм, вырастающих при 37^0С. Стрептомицеты, микромоноспоры и сахарополиспоры выявлены при этой температуре в аэробных и микро-

аэробных условиях, а микробиспоры и сахаромоноспоры – только в аэробных условиях (рис.).

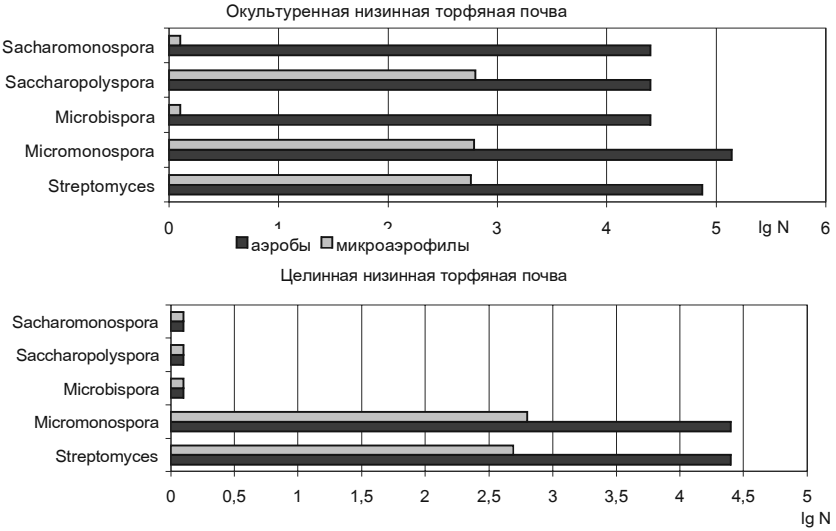


Рис. Численность аэробных и микроаэрофильных актиномицетов разных родов, выделенных из окультуренной и целинной низинной торфяной почвы при 37°С.

Таким образом, актиномицетные комплексы низинной торфяной окультуренной и целинной почвы отличаются высокой численностью и значительным родовым разнообразием мицелиальных прокариот и может быть сравним по этим параметрам с актиномицетным комплексом черноземов. Разные роды актиномицетов поэтапно сменяются в пространственной структуре комплекса в зависимости от условий аэрации и температуры почвы.

Литература

1. Добровольская Т.Г. Структура бактериальных сообществ почв. М., 2002. 281 с. **2.** Зенова Г.М., Звягинцев Д.Г. Разнообразие актиномицетов в наземных экосистемах. М., 2002. 132 с. **3.** Определитель бактерий Берджи / Под ред. Дж. Хоулта, М. Крига, П. Смита и др. М., 1997. 799 с. **4.** Звягинцев Д.Г., Зенова Г.М. Экология актиномицетов. М., 2001. 257 с. **5.** Широких И.Г., Широких А.А. Микробные сообщества кислых почв Кировской области. Киров, 2004. 320 с.

Comparative description of actinomycete complexes in cultivated and native eutrophic peat soil

A.A. Gryadunova

Representatives of genera Streptomyces, Micromonospora, Actinomadura, Saccharopolyspora, Microbispora, Microtetraspora, Streptosporangium, Saccharomonospora, were found in the actinomycete complexes in cultivated and native eutrophic peat soil. It were found using selective

techniques of actinomycete isolation and counting. Streptomyces, Micromonospora, Streptosporangium, Actinomadura and Saccharopolyspora were found by plate method in aerobical and microaerobical conditions. Different genus of actinomycetes take turns stage-by-stage in spatial structure of complexes depending on condition of soil aeration and soil temperature.

ОСОБЕННОСТИ ТАКСОНОМИЧЕСКОГО СОСТАВА БАКТЕРИАЛЬНЫХ КОМПЛЕКСОВ ТОРФЯНИКОВ РАЗНОГО ГЕНЕЗИСА

Т.Г. Добровольская[1], О.С.Кухаренко[1], А.В. Головченко[2]

[1]Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова

[2]Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН

Проведен сравнительный анализ структуры бактериальных сообществ торфяников разного генезиса. Показано, что торфяники верхового и низинного типов четко различаются по составу бактерий и их распределению в ряду: живые растения – опад - почва. Выявлен бактерицидный селективный эффект воздействия сфагновых мхов, определяющий таксономический состав бактерий в торфяниках. Установлено, что доминирующие в верховых торфяниках бактерии устойчивы к воздействию экстрактов из сфагнума, в то время как типичные для низинных торфяников бактерии оказались чувствительными к действию этих веществ.

Торфяные болота являются уникальными природными экосистемами, обладающими способностью накапливать отмерший растительный материал в виде торфа. Основная масса ежегодно поступающего органического вещества минерализуется в процессе торфообразования в зоне аэрации. В дальнейшем, при подъеме болотных вод за прирастающей вверх поверхностью торфяника слой ежегодного прироста (торфогенный слой) попадает в анаэробные условия, где процесс разложения продолжается в замедленном темпе при участии гетеротрофных микроорганизмов [1].

Интенсивность разложения опада определяется как химическим составом растений, так и климатическими условиями экотопа. Обилие фенольных соединений во мхах, являющихся токсичными для многих групп микроорганизмов, является одним из важных факторов, определяющих устойчивость мхов (особенно сфагновых) к их разложению. Недостаток кислорода создает условия, при которых фенольные вещества обладают наибольшей токсичностью, а гидролитическая активность понижена, что ингибирует процесс разложения органического вещества [2].

Из всех групп микроорганизмов только грибы обладают способностью разрушать мхи. Бактерии и дрожжи поселяются на продуктах разрушения мхов грибами и, используя эти продукты, подвергают их дальнейшему разложению [3]. Особенностью таксономического состава бактериальных комплексов торфяников является доминирование протеобактерий, среди которых значительную долю составляют такие типичные гидробионты как спириллы и олиготрофные простекобактерии [4].

Целью настоящей работы было сравнить спектры бактериальных доминантов в верховых и низинных торфяниках и выявить влияние бактерицидных свойств сфагнума на рост бактерий, выделенных из торфа.

Методика исследований

Образцы почв были отобраны из следующих заболоченных ландшафтов:

1) низинные высокозольные торфяники под черноольшаником Тульской области (мощность торфяной залежи 2.8 м, подстилающие породы – карбонатные глины, pH - 6.05) и Тверской области (Западно-Двинский стационар) (мощность торфяной залежи 3 м, степень разложения 38–50 %, торфяная толща подстилается суглинками, pH 6.4-6.6);

2) верховой торфяник под сосняком андромедово-пушицево-сфагновым Тверской области (Западно-Двинский стационар) (мощность торфяника более 5 м, степень разложения 9-20 %, торфяная толща подстилается оглеенными песками, pH 3.0-4.7).

Субстраты анализировались в пространственно-сукцессионном ряду: живые части растений (листья, стебли) – их отмирающие части (опад, очес) – почвенные горизонты. Навески образцов (1 г) переносили в колбы со 100 мл стерильной воды, суспензии обрабатывали на ультразвуковом диспергаторе УЗДН-1 (22 кГц; 0.44 А; 2 мин). Для учета бактерий использовали глюкозо-пептонно-дрожжевую среду. Посев проводили в 5-кратной повторности из экспериментально подбираемых разведений. Подсчитывали суммарное число колоний, выросших на данной среде. Полученную величину использовали для определения общей численности бактерий, которую выражали количеством колониеобразующих единиц (КОЕ) на 1 г почвы. Проводили дифференцированный учет колоний бактерий разных таксономических групп. Для этого первоначально на каждой чашке выделяли макроморфологические типы колоний и подсчитывали количество колоний каждого типа. Основных представителей бактерий каждого типа выделяли в чистую культуру. Идентификацию выделенных штаммов до рода проводили на основании морфологических, культуральных и хемотаксономических признаков, используя [5, 6].

Для определения возможного ингибирующего воздействия веществ, содержащихся во мхе, 4 г сфагнового мха измельчали, заливали 40 мл горячей воды и 75 % спирта, выдерживали 2 суток при комнатной температуре. Чистые бактериальные культуры высевались газоном на среду (глюкозо-пептонно-дрожжевая). Кружки фильтровальной бумаги диаметром 1 см, предварительно залитые полученными водной и спиртовой вытяжками, раскладывались на чашки. Наличие вокруг кружков зоны отсутствия роста определялось как эффект ингибирования.

Результаты исследований

Во всех исследуемых типах торфяников численность бактерий, определенная методом посева, незначительно изменялась в ряду живые растения – отмершие растения – почвенные горизонты. В верховом торфянике количество бактерий плавно увеличивалось в ряду от 10^6 в очесе сфагнума до 10^7 на глубине 1 м. В низинном торфянике наблюдали иную тенденцию: плотность бактериальных популяций уменьшалась от 10^8 в ольховой подстилке до 10^7 на глубине 1 м.

Исследуемые типы торфяников четко различались как по составу бактериальных сообществ, так и спектру доминирующих групп и родов бактерий. Так, в живом мхе доминировали бациллы и спириллы, в очесе сфагнума к ним присоединялись стрептомицеты. В слое 5-20 см верхового торфяника преобладали бациллы, в качестве субдоминанта выделялись пигментные коринеподобные бактерии, представленные желтопигментным артробактером и родококками. В более глубоких слоях почвы (90-100 см) все бактерии были представлены двумя таксонами, занимающими равные доли – спириллами и миксобактериями. Следует отметить, что спириллы, являющиеся характерными компонентами гидроморфных почв, встречались по всему профилю исследуемого торфяника, а в большинстве горизонтов они являлись доминантами (рис.). Аналогичные результаты были получены и для верховых болот Западной Сибири в исследованиях А.В. Головченко и др. [7, 8].

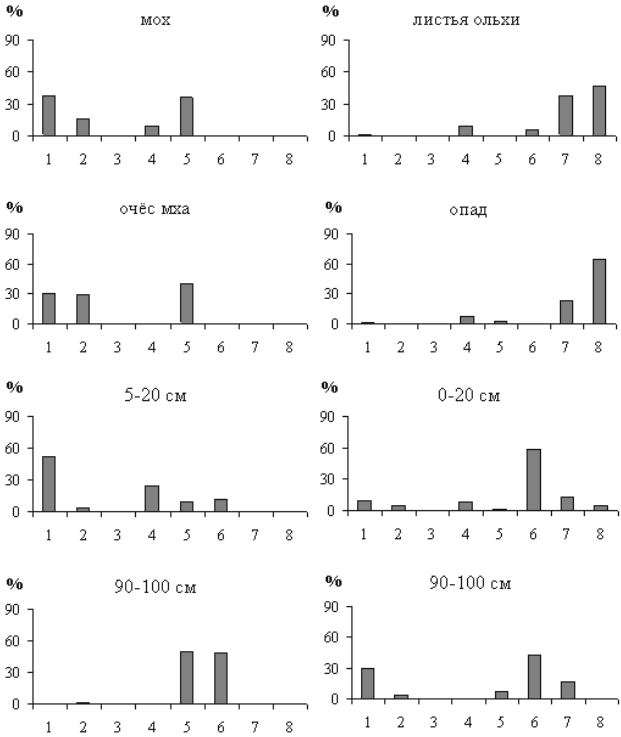


Рис. Таксономическая структура бактериальных комплексов в различных субстратах верхового (А) и низинного (Б) болот. Таксономические группы: 1 - бациллы; 2 - стрептомицеты; 3 - артробактер; 4 - пигментные коринеподобные бактерии; 5 - спириллы; 6 - миксобактерии; 7 - другие аэробные протеобактерии; 8 - факультативно-анаэробные протеобактерии

В низинном торфянике под черноольшаником, находящемся на той же территории Западно-Двинского стационара, структура бактериального сообщества была иной (рис.). На листьях ольхи доминировали две группы протеобактерий, представленных пигментными аэробными и апигментными факультативно-анаэробными бактериями. В ольховой подстилке факультативно-анаэробные бактерии выделялись в качестве единственного доминанта, они составили более 60 % и были представлены родами *Vibrio* и *Enterobacter.* В верхнем слое (0-20 см) доминировали миксобактерии, в нижнем (90-100 см) – миксобактерии и бациллы. Следует отметить постоянное присутствие пигментных аэробных протеобактерий, переходящих с листьев ольхи, где они преобладают в составе сообщества, в подстилку и горизонты торфяника. Они представлены родами *Xanthomonas, Flavobacterium, Methylobacterium.*

Низинный торфяник в Тульской области под черноольшаником резко отличался по структуре бактериального сообщества от аналогичного торфяника, расположенного на территории Западно-Двинского стационара. Во всех слоях трехметрового торфяника доминировали бактерии рода *Arthrobacter* – типичного педобионта, ранее никогда не выделяемого из торфяников. По всему профилю этого торфяника обнаруживали также и других представителей коринеподобных бактерий (КПБ), их колонии были окрашены в желтый цвет (*Arthrobacter*) и розово-оранжевые тона (*Rhodococcus*). Доля этих бактерий уменьшалась от верхнего горизонта (0-10 см), где они доминировали, к нижним. Спириллы и миксобактерии выделялись лишь в качестве минорных компонентов из некоторых слоев торфяника.

Все исследованные типы торфяников можно охарактеризовать как почвы с довольно низким бактериальным разнообразием и монодоминантной структурой сообщества, что свидетельствует о неблагоприятных условиях, складывающихся в торфяниках для функционирования многих групп бактерий. С другой стороны, выявлены четкие различия в таксономической структуре бактериальных комплексов и спектру доминантов между разными типами исследованных торфяников.

Из бактерий, выделенных из разных типов торфяников, была собрана коллекция, насчитывающая 18 таксонов, представленных 35 штаммами. Опыты по определению ингибирующего воздействия как водных, так и спиртовых вытяжек сфагнума на рост бактерий из этой коллекции показали наличие селективного бактерицидного эффекта. Чувствительными к воздействию сфагнолов оказались, прежде всего, те бактерии, которые не выделялись из верховых торфяников как нами, так и другими исследователями. Это – *Arthrobacter, Flavobacterium*, факультативно-анаэробные бактерии родов *Vibrio, Enterobacter, Klebsiella*. Все эти бактерии были обнаружены и, большей частью, в доминантах, в бактериальных сообществах низинных торфяников. С другой стороны, устойчивыми к действию сфагнолов оказались бактерии, доминирующие в верховых торфяниках, состоящих в основном из остатков сфагнового мха с низкой степенью разложения. Это – бактерии родов *Aquaspirillum, Rhodococcus*, порядка Мухососcales. Особого внимания заслуживает анализ результатов опыта по воздействию экстрактов сфагнума на рост бацилл. Эти спорообразующие бактерии, доминирующие в верхних горизонтах олиготрофных почв, неожиданно оказались наиболее чувствительными к воздействию

веществ, содержащихся в сфагнуме. Зоны ингибирования роста всех испытанных штаммов бацилл вокруг фильтров, пропитанных как спиртовыми, так и водными экстрактами сфагнума, составляли 1-2 см. По-видимому, сфагнолы препятствуют прорастанию спор при их непосредственном контакте с этими веществами. Отсюда следует, что бациллы находятся в верховых торфяниках, главным образом, в виде спор. Их прорастание возможно, видимо, в условиях пространственного удаления от сфагнового мха. Анализ вытяжек сфагнума, показал, что в них содержатся в большом количестве фенолкарбоновые кислоты и флаванолы.

Ранее при изучении воздействия хвойных экстрактов на рост бактерий было показано, что конденсированные фенольные вещества (проантоцианидины) обусловливают бактерицидный эффект хвои ели [9]. Причем, чувствительными к воздействию этих веществ оказались те же бактерии, на которых проявилось бактерицидное действие экстрактов сфагнума. Это бактерии родов *Arthrobacter, Bacillus*, семейства Vibrionaceae. В спектр наиболее устойчивых форм бактерий вошли те же бактерии, которые проявили устойчивость и к действию сфагнолов - *Rhodococcus, Aquaspirillum*, Myxococcales. Требуются дальнейшие исследования по изучению химического состава веществ, определяющих бактерицидность сфагнума. Однако уже сейчас можно предположить, что, как и в хвойных лесах, в верховых торфяниках таксономический состав бактерий определяется во многом фенольными веществами, оказывающими селективное бактерицидное воздействие. Отсюда следует, что те различия в таксономическом составе бактериальных комплексов, которые мы наблюдали при сравнении низинных и верховых торфяников, во многом обусловлены бактерицидным эффектом сфагновых мхов.

Авторы выражают благодарность доценту Института физиологии РАН Н.В. Загоскиной за определение фенольных веществ в экстрактах сфагнума.

Литература

1. Инишева Л.И. Роль болот в круговороте углерода // Болота и биосфера / Материалы Третьей Научной Школы. Томск, 2004. С. 21-22. **2.** Freeman C., Osten N. J., Fenner N., Kang H. A regulatory role for phenol oxidase during decomposition in peatlands // Soil Biology and Biochemistry. 2004. V. 36. P. 1663-1667. **3.** Сергеева М.А. Микробиологические аспекты образования метана в толще болота // Болота и биосфера / Материалы Третьей Научной Школы. Томск, 2004. С. 31-37. **4.** Головченко А.В., Полянская Л.М., Добровольская Т.Г. и др. Особенности пространственного распределения и структуры микробных комплексов болотно-лесных экосистем // Почвоведение. 1993. № 10. С. 78-89. **5.** Определитель бактерий Берджи. М., 1997. (в 2-х томах). 799 с. **6.** Лысак Л.В., Добровольская Т.Г., Скворцова И.Н. Методы оценки бактериального разнообразия почв и идентификации почвенных бактерий. М., 2003. 120 с. **7.** Головченко А.В., Чернов И.Ю., Семенова Т.А. Сапротрофный микробный комплекс олиготрофных торфяников Западной Сибири // Роль почв в биосфере / Труды Института почвоведения МГУ – РАН. Выпуск 4. Почвы и биоразнообразие. Москва – Тула, 2004. С. 144-159. **8.** Головченко А.В., Санникова Ю.В., Добровольская Т.Г., Звягинцев Д.Г. Сапротрофный бактериальный комплекс верховых торфяников Западной Сибири // Микробиология. 2005. Т. 74. № 2. С. 1-6. **9.** Добровольская Т.Г., Фомичев Г.Г., Загоскина Н.В. Бактерицидность хвойного опада как селективный фактор, определяющий состав бактериальных сообществ почв под ельниками // Роль почв в биосфере. Труды Института почвоведения МГУ – РАН. Выпуск 4. Почвы и биоразнообразие. Москва – Тула. 2004. С. 160-169.

Peculiarities of bacterial complexes of taxonomic composition in peat lands of different genesis

T.G. Dobrovolskaya, O.S. Kukharenko, A.V. Golovchenko

In this work it's held the comparable analysis of bacterial communities' structure in peat lands of different genesis. It's shown that oligotrophic and eutrophic peat lands differ clearly according to the bacteria inhabiting them and to the distribution of bacteria in the row: live plants-litter-soil. The selective killing effect of Sphagnum on bacteria, which determines their taxonomic composition in peat lands, is found. It's established that bacteria dominating in oligotrophic peat bogs are steady to the influence of Sphagnum extracts, while bacteria being typical in eutrophic peat bogs are sensitive to the influence of these substances.

МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ В РЕКУЛЬТИВИРУЕМОЙ БОЛОТНОЙ ЭКОСИСТЕМЕ НИЗИННОГО ТИПА

В.А. Дырин, Н.П. Камбалова

Томский государственный педагогический университет

Дана оценка активности процессов трансформации углерод- и азотсодержащих соединений в целинном и рекультивируемом участках низинной болотной экосистемы.

Опыт рекультивации выработанных торфяников в Западной Сибири, в том числе и в Томской области, незначителен. В связи с этим отсутствует ответ на главный вопрос: что будет происходить с органическим веществом остаточного слоя выработанных болотных экосистем (БЭС), если их использовать как сельскохозяйственные угодья, не грозит ли им исчезновение как, например, аналогичным экосистемам в странах с более теплым климатом. Таким образом, необходим прогноз изменения состояния органического вещества выработанных торфяников под воздействием их окультуривания. Это, в свою очередь, позволит определить пути оптимизации микробиологических процессов, которые и являются основной причиной трансформации органического вещества торфа [1], что и явилось целью данного сообщения.

Методика исследований

Объектами исследований были рекультивируемый (осушен в 1963 г., занят сенокосом) и целинный (неосушенный) участки на БЭС низинного типа (Томский район). Образцы отбирались на ранее удобренных осушенных участках, в том числе – контроле (без удобрений), а также на неосушенной территории 4 раза за вегетационный период 2004 г. Торфяная залежь на исследованных участках представлена низинным древесным торфом.

Активность микробиологических процессов оценивалась по динамике целлюлозоразрушающих микроорганизмов, разложения клетчатки, аммонийных и нитратных соединений азота, аммонифицирующих и нитрифицирующих микроорганизмов по общепринятым методикам [2-4]. Активность целлюлозоразрушающих микроорганизмов оценивалась также по проценту обрастания ими комочков тор-

фа на твердой агаризованной среде Гетчинсона. Аммонифицирующие микроорганизмы выращивались на мясо-пептонном агаре (МПА), нитрифицирующие – на кремнекислых пластинках со средой Виноградского. Анализы выполнялись в 3-х кратной повторности, статистическая обработка проведена согласно [5].

Результаты исследований

Данные приведены за вегетационный период 2004 г., который характеризуется как умеренно теплый и влажный (ГТК=1.5); его особенностью были очень теплые и засушливые май и июнь, переувлажненный и прохладный июль, умеренно влажные август и сентябрь. Общая сумма осадков за май-сентябрь составила 430 мм. По условиям теплообеспеченности район исследования относится к умеренно теплому, о чем свидетельствует сумма активных температур 2072.1°С.

Динамика целлюлозоразрушающего процесса. В торфе рекультивируемого участка, под травами без удобрений (в контроле), целлюлозоразрушающая активность, определяемая по скорости разложения льняной ткани, была наибольшей в первый срок наблюдений – с 5 июня по 7 июля (33.2 %) (табл. 1). С меньшей скоростью ткань минерализовывалась в августе-сентябре, причем в нижележащих горизонтах это происходило интенсивнее, чем в верхних. Относительно активная деятельность микрофлоры в нижних горизонтах возрастала ближе к осени, что обусловлено, очевидно, прогреванием к концу лета нижележащих слоев торфа.

Таблица 1

Интенсивность минерализации целлюлозы в торфяной залежи рекультивируемого участка

Пункты наблюдений	Глубина, см	Разложения льняной ткани по срокам, %					
		5.06-7.07	t	7.07-9.08	t	9.08-12.09	t
Контроль	0-20	33.2±2.2	15.0	28.0±6.3	4.4	10.0±1.3	7.6
	20-40	25.2±6.5	3.8	24.6±6.0	4.1	14.3±2.5	5.7
	40-60	6.0±1.5	4.0	4.8±1.1	4.3	15.8±4.2	3.7
$N_{60}P_{60}K_{60}$	0-20	26.5±4.1	6.4	28.0±4.5	6.2	44.9±9.2	4.8
	20-40	13.1±3.2	4.1	12.7±2.3	5.5	23.2±4.5	5.1
	40-60	6.3±1.3	4.8	3.9±1.2	3.2	6.6±1.1	6.0
$N_{120}P_{120}K_{120}$	0-20	36.1±8.2	4.4	30.1±5.8	6.0	55.8±6.2	9.0
	20-40	13.9±2.7	5.1	22.8±4.5	5.0	49.0±5.9	8.3
	40-60	6.8±1.4	4.8	10.2±2.2	4.6	12.0±2.1	5.7

Примечание: t – критерий Стьюдента; критическое значение tkp при уровне значимости 5 % составляет 4.3.

Влияние удобрений на деятельность целлюлозоразрушающей микрофлоры в июне-июле отсутствовало или было незначительным. В последующие сроки наблюдений – с 9 августа по 12 сентября – действие удобрений на деструкцию целлюлозы было заметным. Максимум разложения ткани, зафиксированный в торфе с удвоенными дозами NPK, был равен 55.8 % (с 9 августа по 12 сентября в слое 0-20 см).

Определение активности целлюлозоразрушающей микрофлоры показало, что она не зависела от удобрений. Содержание целлюлозоразрушителей во все сроки

наблюдений было почти одинаковым во всех вариантах опыта (табл. 2). При посеве микрофлоры из образцов торфа, взятых в сентябре, обнаруживается ее более высокое содержание в нижележащих горизонтах, что является следствием более резкого охлаждения верхних горизонтов. Сравнительно одинаковым было распределение микроорганизмов по слоям в июле и августе.

Что касается динамики целлюлозоразрушителей по срокам наблюдений, то максимальное их содержание отмечено в образцах, взятых в первой декаде августа. Возможно, это обусловлено поступлением свежих растительных остатков, являющихся питательным субстратом для данных микроорганизмов, и достаточным прогреванием торфяных слоев, а также улучшением их режима влажности.

Таблица 2

Динамика целлюлозоразрушающих микроорганизмов

Пункты наблюдений	Глубина, см	Целлюлозоразрушающие микроорганизмы, % обрастания комочков торфа по срокам взятия образцов			
		5 июня	7 июля	9 августа	12 сентября
Контроль	0-20	10.0	18.0	31.0	4.0
	20-40	5.0	12.0	18.0	16.0
	40-60	2.0	4.0	5.0	12.0
$N_{60}P_{60}K_{60}$	0-20	11.0	20.0	29.0	5.0
	20-40	8.0	9.0	16.0	16.0
	40-60	2.0	2.0	4.0	5.0
$N_{120}P_{120}K_{120}$	0-20	9.0	20.0	27.0	6.0
	20-40	10.0	15.0	15.0	19.0
	40-60	1.0	2.0	4.0	12.0

Исследования активности минерализации целлюлозы на неосушенном участке БЭС показали сильную подавленность этого процесса. Так, льняная ткань, выдержанная в толще торфа с 5 июня по 12 сентября в слое 0–20 см, убавилась в весе всего на 11.4 %. Еще слабее она разлагалась в слое 20–40 см, за указанный период степень разложения ткани составила 2.3 %. В нижерасположенном слое (40-60 см) утилизация ткани весовым методом не выявлялась, следы деятельности микроорганизмов здесь были заметны лишь по нингидриновой реакции. Глубже 60 см нингидриновая реакция на ткани отсутствовала. Вероятно, высокая влажность торфа и слабая аэрация не создали благоприятных условий для деятельности целлюлозоразрушающей микрофлоры в торфяной залежи целинного участка БЭС. Данное предположение подтверждается и слабым ростом целлюлозоразрушающей микрофлоры на питательной среде. Из проб торфа, взятых глубже 40 см, микроорганизмы на среде Гетчинсона не развивались. Слабая активность процессов утилизации клетчатки в неосушенных низинных торфяниках Западной Сибири отмечена в ряде работ [6-8], включая и наши предыдущие наблюдения [9].

Динамика начальных процессов трансформации азотсодержащих веществ. Определение содержания аммонийного азота показало (табл. 3), что в целинном участке в июне он присутствовал во всех исследуемых горизонтах. С июля по сентябрь содержание азота не обнаруживалось в верхних горизонтах (0–40 см). С глубиной содержание аммонийного азота возрастало от 23 до 190 мг/100 г. Нитрат-

Таблица 3

Динамика температуры, влажности, аммонифицирующих и нитрифицирующих микроорганизмов в торфяной залежи целинного и рекультивируемого участков

Сроки взятия образцов	Глубина, см	Целинный участок			Рекультивируемый участок ($N_{120}P_{120}K_{120}$)			
		Температура, ^{0}C	Влажность, %	Аммонификаторы, млн/1г сухого торфа	Температура, ^{0}C	Влажность, %	Аммонификаторы, млн/1г сухого торфа	Нитрификаторы, % обрастания комочков торфа
5 июня	0-20	14.0	72.0	2.9	14.8	68.0	5.3	10.0
	20-40	13.0	73.6	1.1	14.0	67.2	2.5	6.0
	40-60	11.5	84.6	0.5	11.5	67.3	2.2	0.0
	60-80	7.2	85.0	0.3	7.4	72.5	2.1	0.0
7 июля	0-20	16.8	75.0	4.3	16.0	69.1	9.0	14.0
	20-40	16.4	76.5	2.0	16.5	69.0	3.6	10.0
	40-60	12.6	80.0	1.0	16.4	73.2	2.5	6.0
	60-80	12.7	81.0	0.3	12.5	75.3	2.5	0.0
9 августа	0-20	12.7	65.2	5.3	14.2	60.3	13..4	20.0
	20-40	12.0	66.6	4.0	14.0	61.0	5.0	14.0
	40-60	11.0	69.6	1.8	10.8	68.7	4.6	14.0
	60-80	10.5	71.3	0.4	10.6	67.0	3.8	0.0
12 сентября	0-20	7.2	79.0	1.9	9.8	68.3	6.2	6.0
	20-40	7.5	81.0	1.5	9.7	68.3	5.5	6.0
	40-60	8.3	83.0	1.8	9.5	69.2	5.4	4.0
	60-80	8.5	85.6	0.4	10.4	71.8	4.5	0.0

Примечание: содержание нитрифицирующих бактерий определялось в 45-дневной культуре при температуре 27-30^{0}C.

ный азот в торфяной залежи целинного участка отсутствовал во всех слоях во все сроки исследований.

В торфяной залежи рекультивируемого участка наблюдалась аналогичная закономерность в распределении аммонийного азота. В то же время, здесь аммонийного азота содержалось меньше (23.5-128.6 мг/100 г) и, кроме того, распределение его на глубине от 40 до 80 см, происходило равномернее, чем в торфяной залежи целинного участка. Нитратный азот с июня по сентябрь был обнаружен в виде следов в слое 20-40 см; с июля по август соединения нитратного азота в заметных количествах присутствовали на глубине 40-80 см (32.1-50.2 мг/100 г).

Резкое увеличение содержания аммонийного азота с глубиной в торфяной залежи целинного участка можно объяснить отсутствием в нижних горизонтах нитрифицирующего процесса из-за высокой влажности торфа, препятствующей активной деятельности нитрифицирующих микроорганизмов. В результате минерализация торфа на большой глубине осуществляется только аммонифицирующими микроорганизмами, и образующийся аммиак сорбируется торфом, но не переводится в нитраты. Отсутствие нитратной формы азота во всех слоях целинного уча-

стка может служить подтверждением данному предположению. Подобное мнение высказывают и другие авторы [10]. С другой стороны, полное отсутствие в верхних слоях как аммонийных, так и нитратных соединений азота, объясняется, вероятно, использованием их растениями, корневая система которых сосредоточена преимущественно в верхней части залежи.

Отсутствие аммонийных и нитратных соединений азота в верхних горизонтах было характерно и для участка, занятого посевами многолетних злаков. Но, в отличие от целинного участка, здесь аммонийный азот в заметных количествах обнаруживался уже в слое 20-40 см – в июне и сентябре. Вероятно, удобрения на фоне не вполне активной вегетации растений в эти месяцы явились стимулирующим фактором для аммонифицирующих микроорганизмов, и продуцируемый ими аммонийный азот, слабо используемый или совсем не используемый растениями, накапливался в указанном слое (и глубже).

Соединения нитратного азота в слое 20-40 см обнаруживались в виде следов. В начале июня нитратный азот глубже 40 см отсутствовал (как и в торфе целинного участка). В июле, августе и сентябре, как уже отмечалось, нитратный азот в ощутимых количествах присутствовал на глубине 40-80 см. Очевидно, что культивирование растений на остаточном толще торфа (1 м) привело к улучшению в нем условий (например, гидротермического и питательного режимов) для деятельности микроорганизмов, трансформирующих соединения аммонийного и нитратного азота. По указанной причине содержание аммонийного азота в рекультивируемом участке ниже, чем в целинном – он переводится в нитратный азот.

Наблюдения за содержанием микроорганизмов (табл. 4) также показали, что возделывание многолетних злаковых трав существенно активизировало процессы трансформации азотсодержащих веществ. Например, во все сроки наблюдений в торфе под травами численность аммонификаторов в 2 и более раз превышала таковую в торфе целинного участка. При этом распределение указанных микроорганизмов по всей толще остаточного торфа рекультивируемого участка было более равномерным, и даже в нижних горизонтах отмечалось их относительно высокое содержание. Большое содержание аммонификаторов в глубоких слоях торфа, отмеченное в наших наблюдениях, может служить подтверждением взглядов некоторых авторов об активности данных микроорганизмов не только в окислительных, но и в восстановительных условиях [11, 12]. В то же время, высокая, по сравнению с целиной, биогенность нижних горизонтов рекультивируемого участка свидетельствует о том, что весь остаточный слой торфа, прежде биологически инертный [13], становится биологически активным, и это не может не отразиться на состоянии его органического вещества.

Нитрифицирующие бактерии, при их посеве из целинного торфа, на питательной среде не развивались даже после 45 дней культивирования. В торфе под травами нитрификаторы обнаруживались во все сроки исследований; наиболее активный рост этих бактерий на питательной среде отмечен при анализе образцов, отобранных в июле и августе, что определялось, вероятно, более благоприятными гидротермическими условиями в этот период (табл. 3). Бактерии–нитрификаторы развивались во все сроки наблюдений, но относительно активно – лишь в верхних слоях: 0-40 см – в июне и 0-60 см – в июле-сентябре. При посеве из нижних гори-

зонтов торфа нитрификаторы на питательной среде не выявлялись. Присутствие нитрифицирующих бактерий в верхних слоях торфа может служить подтверждением того, что нитраты образуются и здесь, но используются растениями (и поэтому не обнаруживаются в образцах). Указанные бактерии, безусловно, есть и на глубине 60-80 см (о чем свидетельствует наличие здесь аммонийного азота), но активность их в нижних горизонтах залежи мала, что, как известно, определяется аэробными свойствами нитрификаторов [14].

Выводы

1. Минерализация углеродсодержащих соединений в торфе рекультивируемого участка БЭС представляет собой динамичный процесс, интенсивность которого определяется конкурирующим влиянием друг на друга микроорганизмов и растений при ассимиляции питательных веществ, поступающих в почву, ее гидротермическим режимом и физическими свойствами.

2. Активность целлюлозоразрушающей микрофлоры при ее развитии на питательной среде не зависит от вносимых в почву минеральных соединений, что может служить подтверждением мнения об опережающем потреблении питательных веществ растениями в процессе конкуренции с микроорганизмами.

3. В целинной (неосушенной) залежи деятельность целлюлозоразрушающей микрофлоры сильно подавлена из-за повышенной влажности и связанной с ней недостаточной для активности указанной микрофлоры аэрацией торфа.

4. Торфяная залежь целинного участка БЭС (особенно нижние горизонты) по сравнению с ее рекультивируемым участком, характеризуется более высоким содержанием аммонийного азота, что обусловлено отсутствием деятельности нитрифицирующих бактерий в анаэробных условиях.

5. В рекультивируемой почве начальные процессы трансформации азотсодержащих веществ – аммонификация и нитрификация – более активны, чем в целинной, о чем свидетельствует суммарное содержание в торфе аммонийных и нитратных соединений азота а также развитие в нем не только аммонифицирующих, но и нитрифицирующих микроорганизмов.

6. Отсутствие соединений аммонийного и нитратного азота в летние месяцы в верхних горизонтах как неосушенного, так и окультуриваемого участков связано, вероятно, с использованием этих форм азота активно вегетирующими растениями.

Литература

1. Зименко Т.Г. Микробиологические процессы в мелиорированных торфяниках Белоруссии и их направленное регулирование. Минск, 1977. 208 с. **2.** Методы почвенной микробиологии и биохимии / Под ред. Звягинцева Д.Г. М., 1991. 304 с. **3.** Методы стационарного изучения почв / Под. ред. Роде А.А., Ногина Н.А., Скрынниковой И.Н. М., 1977. 296 с. **4.** Методы биохимического исследования растений / Под ред. Ермакова А.И. Л., 1972. 456 с. **5.** Федоров А.И. Методы математической статистики в биологии и опытном деле. Алма-Ата, 1967. 163 с. **6.** Жданникова Е.Н. Микробиологическая характеристика торфяно-болотных почв Томской области // Заболоченные леса и болота Сибири. Томск, 1963. С. 164-173. **7.** Наплекова Н.Н. Аэробное разложение целлюлозы микроорганизмами в почвах Западной

Сибири. Новосибирск, 1974. 251 с. **8.** Загуральская Л.М. Определение биологической активности торфяно-болотных почв Томской области // Микроорганизмы в борьбе с вредителями лесного хозяйства. М., 1966. С. 41-48. **9.** Дырин В.А., Блинков Г.Н. О биологической активности низинных торфов // Вопросы биологии и агрономии. Томск, 1976. С. 3-18. **10.** Вавуло Ф.П. Микрофлора основных типов почв БССР и их плодородие. Минск, 1972. 232 с. **11.** Славнина Т.П., Инишева Л.И. Биологическая активность почв Томской области. Томск, 1987. 214 с. **12.** Санникова Ю.В. Динамика аммонификаторов в олиготрофных торфяных почвах // VIII Всероссийская конф. студ., асп. и молодых ученых. Томск, 2004. С. 50-52. **13.** Дырин В.А., Суворина Е.А. Биологическая активность остаточного торфа под травами // Фундаментальные и прикладные проблемы охраны окружающей среды. Томск, 1995. С. 75-76. **14.** Виноградский С.Н. Микробиология почвы. М., 1952. 789 с.

Microbiological processes in the native and recultivated eutrophic bog ecological system

V.A. Dyrin, N.P. Kambalova

The evaluation of activity of processes of transformation compounds of carbon and nitrogen in native and recultivated sites of the eutrophic bog ecological system is given.

ТЕМПЫ ИЗМЕНЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОЗДУХА, ОСАДКОВ И ДАВЛЕНИЯ В ЗАПАДНОЙ СИБИРИ ВО ВТОРОЙ ПОЛОВИНЕ XX ВЕКА

Е.А. Дюкарев, А.И. Комаров

Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН, г. Томск, egor@iom.tomsknet.ru

Описаны некоторые характеристики современного климата Западной Сибири по данным реанализа среднегодовых значений температуры приземного воздуха, атмосферного давления, суммы осадков и приходящей солнечной радиации, а так же темпы их изменений во второй половине XX в. Обнаружено, что на территории Западной Сибири происходит увеличение температуры воздуха и суммы осадков, снижение атмосферного давления и уровня приходящей солнечной радиации.

Одним из важных факторов, ограничивающих климатическую зону жизни растений и животных, является диапазон температур окружающей среды в которых возможно их существование. От тепловых условий зависят географическое распределение растений, их сезонные изменения, видовой состав и продуктивность растительного покрова [1]. Наряду с термическим режимом большое влияние на живую природу суши оказывают условия увлажнения. В зависимости от соотношения осадков и испарения почва содержит определенное количество влаги. Излишнее количество воды в почве, так же как ее недостаток, понижает продуктивность растительного покрова и приводит к развитию специфической гидрофильной и гигрофильной растительности. Климат оказывает влияние на зональные закономерности размещения болот, определяя господство определенных биоформ в растительном покрове болот. Температурный режим в сочетании с увлажненнос-

тью определяет гидрофизические процессы в деятельном слое торфяной залежи. Интенсивность торфонакопления и мощность торфа зависят от температурного режима и продолжительности вегетационного периода [2].

Пространственное распределение климатических характеристик неоднородно, прежде всего, из-за влияния следующих факторов – географической широты, возвышения, местной топографии, близости к морю, положения по отношению к океанам и другим континентам. Пространственная неоднородность приводит к временной изменчивости через движение атмосферы и океана и их взаимодействия [3].

Для описания климата часто используют 170-томный "Справочник по климату СССР" [4], изданный в 60-х гг. под руководством С.А. Сапожниковой, в котором детально описаны климатические характеристики СССР, относящиеся к первой половине XX в. Известно [5], что в последней четверти XX в. в северном полушарии происходили наиболее интенсивные изменения климата, в частности, скорость увеличения среднегодовой температуры с 1970 по 2001 г. составила 0.17°C /10 лет. Очевидно, что данные, опубликованные в 60-х гг. XX в. являются устаревшими. Поэтому, нами проведено описание современного состояния климата Западной Сибири и темпов их изменения.

Для оценки характеристик современного климата нами были использованы данные реанализа Европейского центра среднесрочных прогнозов погоды (ERA-40 data). Данные реанализа являются результатом объединения наблюдаемых и рассчитанных метеорологических величин, представленные в узлах регулярной сетки с шагом 2.5x2.5 градуса. Нами исследовались среднегодовые значения температуры воздуха на высоте 2 м, суммы атмосферных осадков, приведенного к уровню моря атмосферного давления и приходящей солнечной радиации за период с 1958 по 2001 г. Изучаемая территория включает в себя Западную Сибирь, Алтай и часть Северного Казахстана и охватывает 118 ячеек размером 2.5x2.5 градуса, лежащих в пределах 60-92.5° в.д. и 50-70° с.ш. Район исследования содержит 7 биоклиматических зон. Средние по всей территории и для разных широт характеристики климата и величины стандартных отклонений приведены в таблице 1.

Таблица 1

Средние многолетние значения среднегодовых климатических характеристик и стандартное отклонение для разных широт

Природно-климатическая зона	Широта, град с.ш.	Температура, °C	Атм. давление, гПа	Осадки, мм	Солнечная радиация, кВт/м^2 с
Южная тундра	70.0	-9.55 ± 1.48	101194 ± 198.3	463.8 ± 58.3	1219.2 ± 70.5
	67.5	-6.94 ± 1.44	101250 ± 196.1	508.6 ± 63.4	1291.9 ± 79.8
Лесотундра, Северная тайга	65.0	-5.31 ± 1.41	101363 ± 184.3	539.2 ± 59.7	1470.5 ± 86.3
	62.5	-3.07 ± 1.31	101457 ± 173.4	540.0 ± 60.2	1698.7 ± 84.4
Средняя тайга	60.0	-1.19 ± 1.20	101581 ± 159.8	524.1 ± 59.6	1898.0 ± 84.0
Южная тайга	57.5	0.42 ± 1.11	101729 ± 146.4	456.2 ± 60.5	2060.9 ± 82.0
Лесостепь	55.0	1.34 ± 1.05	101888 ± 133.7	396.6 ± 60.4	2159.6 ± 82.5
Степь	52.5	2.13 ± 1.04	102033 ± 122.0	338.1 ± 55.6	2274.9 ± 76.4
	50.0	1.85 ± 1.02	102103 ± 112.8	258.4 ± 50.5	2339.1 ± 75.7
В целом Западная Сибирь		-1.81 ± 1.21	101650 ± 155.9	447.2 ± 58.7	1863.4 ± 80.7

Таблица 2

Линейный тренд среднегодовых климатических характеристик для разных широт

Природно-климатическая зона	Широта, град с.ш.	Температура, °С / 10 лет	Атм. давление, гПа / 10 лет	Осадки, мм / 10 лет	Солнечная радиацияЮ кВт/м^2 с /10 лет
Южная тундра	70.0	0.426	-9.8	4.68	-4.1
	67.5	0.304	-19.6	-0.83	-11.8
Лесотундра, Северная тайга	65.0	0.309	-21.4	-2.92	-18.5
	62.5	0.275	-19.5	4.90	-23.6
Средняя тайга	60.0	0.257	-20.2	3.43	-25.6
Южная тайга	57.5	0.259	-22.7	6.11	-20.4
Лесостепь	55.0	0.236	-26.3	1.01	-16.0
Степь	52.5	0.250	-27.7	-0.54	-13.6
	50.0	0.303	-31.8	-2.82	-15.9
В целом Западная Сибирь		0.284	-22.8	1.44	-17.3

Температура приземного воздуха, атмосферное давление и солнечная радиация имеют четко выраженное зональное распределение (рис.). Температура увеличивается при продвижении с севера на юг, от -10°С на берегу Баренцева моря до +2°С в Северном Казахстане. Величина стандартного отклонения в рядах температуры снижается в направлении с севера на юг. Атмосферное давление увеличивается с севера на юг, при этом снижается дисперсия в рядах давления. Среднегодовые значения потоков солнечной радиации возрастают от 1200 кВт/м^{2}с на севере территории до 2400 кВт/м^{2}с на юге. Наибольшая вариабельность в рядах солнечной радиации приходится на 65° с.ш. Сумма годовых осадков характеризуется пятнистым пространственным распределением и имеет максимум в районе 60-65° с.ш. От этой широты осадки уменьшаются к югу и северу. На рисунке выделяются три очага с максимальными суммами осадков – в районе 65° и 85° в.д. на севере (65° с.ш.) и в предгорьях Алтая (52° с.ш., 92° в.д.).

Линейный тренд температуры (табл. 2) в среднем для всей территории Западной Сибири положителен и равен 0.28°С/10 лет. Наиболее высоки темпы роста температуры в северо-восточной части Западной Сибири, где они достигают 0.46°С/10 лет (в ячейке с координатами 75° в.д., 70° с.ш.). Атмосферное давление имеет тенденцию к снижению к концу столетия во всей Западной Сибири. Наиболее сильно эта тенденция выражена в южной части (в районе Алтая) – в области наибольшего давления. Величина солнечной радиации снижается со скоростью 5-30 кВт/м^{2}с /10 лет. На исследуемой территории обнаружены как положительные, так и отрицательные темпы изменения величин осадков. В зоне южной тайги скорость увеличения годовой суммы осадков максимальна и составляет около 6 мм/10 лет.

Исследование временного хода климатических характеристик для отдельных ячеек территории показало, что трендовая составляющая присутствует для всех характеристик, но межгодовая изменчивость значительно больше величины линейного тренда.

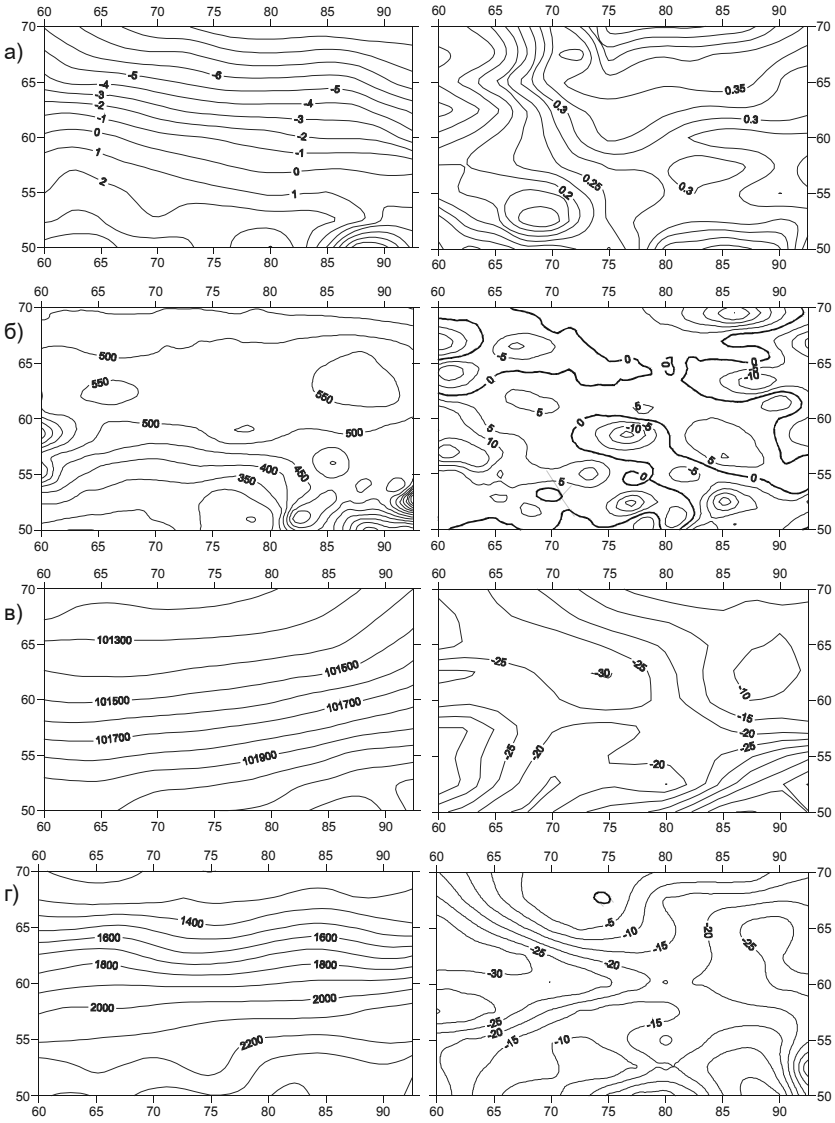


Рис. Карты средних многолетних значений (слева) и трендов (справа)
а – температуры воздуха (°С), б - суммы годовых осадков (мм), в – атмосферного давления (гПа); г - солнечной радиации (кВт/м² с). По горизонтали – градусы в.д., по вертикали – градусы с.ш. Значения трендов даны в единицах на 10 лет.

Таким, образом, исследование данных реанализа среднегодовых значений температуры воздуха, атмосферного давления, суммы осадков и солнечной радиации показало, что во второй половине XX века в среднем на территории Западной Сибири происходило увеличение температуры воздуха и суммы осадков, снижение атмосферного давления и снижение уровня приходящей солнечной радиации.

Работа выполнена при поддержке гранта INTAS (03-51-6294).

Литература

1. Будыко М.И. Глобальная экология. М., 1977. 327 с. **2.** Лисс О.Л., Абрамова Л.И., Аветов Н.А. и др. Болотные системы Западной Сибири и их природоохранное значение. Тула, 2001. 584 с. **3.** Climate change and variability. A southern perspective. Cambridge. Camb.Univ.Press. 1978. 236 p. **4.** Справочник по климату СССР. Вып.20. Томская. Новосибирская, Кемеровская области и Алтайский край: Ч.1. Солнечная радиация, радиац. баланс и солнечное сияние / Гл.упр.гидрометеорол.службы при СМ.-Л., 1966. 74 с. **5.** IPCC, 2001: Climate Change 2001. The Scientific Basis. Contribution of Working Croup I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) // Eds.: Houghton J.T., Ding Y., Griggs D.J. Cambridge. Camb.Univ.Press. 944 p.

Trends of air temperature, precipitation and pressure in West Siberia in the second half of 20th century

E.A. Dyukarev, A.I. Komarov

The average values of mean air temperature, sea level pressure, total precipitations and surface solar radiation and their trends in West Siberia region in the 20th century are calculated. It has been found that air temperature and precipitations have increased, and air pressure and solar radiation have decreased during the last half of the 20th century.

ПОДВИЖНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ В ТОФРЯНЫХ ПОЧВАХ ЛАНДШАФТНОГО ПРОФИЛЯ

Е.Э. Езупенок

Томский государственный педагогический университет, lena2701@yandex.ru

В работе рассматривается содержание, распределение и динамика подвижных элементов в торфяных почвах ландшафтного профиля в разные по влагообеспеченности годы.

Для понимания геохимических процессов, протекающих в болотных экосистемах, большое значение имеет информация о пространственном и временном распределении химических элементов в торфяных почвах. В процессе торфообразования в торфяных почвах складываются различные условия окислительно-восстановительного, кислотно-щелочного, температурного режимов, что, несомненно, накладывает свой отпечаток на особенности дифференциации и миграции химических элементов в профиле торфяных почв. Концентрация подвижных элементов очень мала, но как раз за их счет обеспечиваются потоки химических элементов в биологическом круговороте, в водном и воздушном миграционных про-

цессах, создаются природные и техногенные очаги с дефицитом или избытком химических элементов.

Методика исследований

Динамика химических элементов изучалась в течение 2002-2003 гг. в торфяных почвах на ландшафтном профиле малого заболоченного водосбора р. Ключ, притока р. Бакчар (площадь водосбора 58 км^2), расположенного на северо-восточных отрогах Васюганского болота (Бакчарский болотный округ). Исследуемые торфяные почвы на ландшафтном профиле по направлению к центру болота образуют следующие позиции: аккумулятивную, транзитную и автономную. Торфяные почвы аккумулятивной позиции глубиной 1 м имеют смешанное лесотопяное строение. Согласно [1], исследованные почвы относятся к торфяно-глеевым олиготрофным; профиль торфяных почв транзитной позиции достигают мощности 3 м и имеет смешанный топяной вид строения (торфяные олиготрофные типичные). Торфяные почвы элювиальной позиции имеют глубину 2.5 м и (торфяные олиготрофные типичные) Для определения подвижных элементов пробы торфа отбирались в каждой позиции профиля на всю глубину торфяной залежи, включая минеральный грунт, в мае, июле и сентябре, торфяным буром ТБГ–1. Определение подвижных элементов проводили путем экстрагирования химических элементов ацетатно-аммонийным буферным раствором (pH 4.8) и их последующим определением в полученном плотном остатке по аттестованной методике количественного атомно-эмиссионного анализа в лаборатории ТГУ на кварцевом спектрографе СТЭ-1.

На протяжении вегетационных периодов в торфяных почвах ландшафтного профиля велись наблюдения за уровнем болотных вод (ежемесячно), окислительно-восстановительным потенциалом и температурой (ежемесячно через 50 см до минерального грунта с помощью стационарно заложенных датчиков).

Результаты исследований

За период исследований содержание подвижных элементов в торфяных почвах ландшафтного профиля изменялось в следующих пределах (мг/кг): Ti от 0.02 до 0.4, Cr – от 0.4 до 1.0, Mn – от 7.6 до 132.9, Co – от 0.02 до 0.81, Cu от 0.2 до 2.5, Sr от 1.7 до 55.9, Ba – от 1.1 до 32.3, Pb – от 0.06 до 0.70. Степень подвижности элементов в торфяных почвах варьирует в широких пределах (от 8 до 56 %). По степени подвижности (% от валового содержания) химические элементы образуют следующий ряд: Mn (56 %)>Sr (48 %)>Ba (43 %)>Pb (32 %)=Cr (32 %)>Cu (27 %)=Co (27 %)>V (9 %)>Ti (8 %).

Результаты наблюдений в разные годы показали, что содержание подвижных элементов изменяется в зависимости от гидротермических условий года. Так, вегетационный период 2002 г. можно охарактеризовать как влажный (гидротермический коэффициент (ГТК)=1.56)), а по сумме активных температур (1946.0^{0}C) – как умеренно теплый. Уровни болотных вод (УБВ) из-за выпадения большого количества осадков не опускались ниже поверхности, за исключением торфяных почв

аккумулятивной позиции профиля, в которых УБВ снижались до 25 см от поверхности. Окислительно-восстановительный потенциал торфяных почв изменялся от –244 до +924 мВ, окислительные условия наблюдались только в верхнем 0-20-см слое. Вегетационный период 2003 г. характеризуется как средний (ГТК=1.11), по сумме активных температур (2056.7^{0}С) - очень теплый. В связи с ранней весной и постепенным сходом снегового покрова, УБВ неуклонно снижался во всех исследуемых почвах ландшафтного профиля с первой декады мая до конца сентября и составил в среднем в почвах элювиальной позиции – 41 см, транзитной – 83 см, аккумулятивной – 100 см. Окислительно-восстановительный потенциал торфяных почв был значительно выше, чем в 2002 году и составил от –182 до 1184 мВ. Зона окислительных процессов прослеживалась до глубины 30 см.

Несмотря на разные окислительно-восстановительные условия, создаваемые в деятельном слое торфяных почв разных лет исследования, они не оказывали влияние на подвижность химических элементов. Больший отклик на изменение ОВП обнаружили Cu и Cr. Так, в 2002 г., который характеризуется как влажный, распределение подвижного Cr в торфяных почвах элювиальной позиции сильно варьирует по профилю: отмечается резкое его увеличение на глубине 100-150 см, затем его содержание резко снижается на глубине 200-250 см. Такая же тенденция прослеживается и в отношении поведения Cu. В торфяных почвах транзитной позиции содержание практически всех исследуемых элементов в зависимости от года не меняется, за исключением Cr, содержание которого в профиле почв зависит от гидротермических условий года. Так, в 2002 г. отмечается увеличение его содержания с глубиной, тогда как в 2003 г. в его распределении прослеживается обратная тенденция. В профиле торфяных почв аккумулятивной позиции содержание подвижных элементов изменяется в зависимости от условий года, за исключением Ba, содержание и распределение которого в течение двух лет остается постоянным. Следовательно, в большей степени от гидротермических условий года прослеживается связь с динамикой подвижных элементов в торфяных почвах транзитной позиции.

Изучение режимов торфяных почв и динамики подвижных элементов в течение вегетационных периодов показали, что в слое 0-50 см торфяных почв хорошо проявляется динамика химических элементов по отдельным месяцам вегетационного периода. Так, в течение вегетационных периодов годов наблюдений в торфяных почвах каждой позиции ландшафтного профиля выявлена тенденция увеличения подвижных химических элементов в слое 0-50 см в июле, по сравнению с маем и сентябрем. Содержание подвижных элементов Mn, Co, Sr, Ba в июле почти в 2-2.5 раза выше, по сравнению с маем и сентябрем. Данные результаты подтверждаются и элементным составом болотных вод [2]. Так, в болотных водах каждой позиции ландшафтного профиля содержание подвижных элементов Mn, Sr, Ba в мае составило 21.5, 19.8, 17.2 мкг/л, а в июле их содержание увеличилось до 79.0, 18.0, 32.0 мкг/л соответственно.

Следует отметить, что рассматриваемый 0-50 см слой торфяных почв соответствует деятельному горизонту, который согласно исследованиям болотоведов-гидрологов характеризуется благоприятными водно-физическими свойствами и на-

личием ежегодного опада в виде отмирающей растительности, а также высокой активностью микрофлоры, преобразующей растения в торф. В процессе такого преобразования происходит высвобождение химических элементов и вовлечение их в миграционные потоки. Согласно [3], в болотных ландшафтах велика роль воды в процессах миграции и перераспределения химических элементов: при инфильтрации паводковых вод происходит их вынос из одних слоев торфяных почв в другие. Наши исследования показали, что в деятельном горизонте (соответствует слою 0-50 см) содержание подвижных элементов увеличивается вдоль фильтрационного потока: элювиальная позиция – транзитная позиция – аккумулятивная позиция. Это достаточно четко прослеживается в отношении Mn, Sr, Ba Cr, Cu. Так, в торфяных почвах элювиальной позиции, представляющей собой автономную часть ландшафтного профиля, привнос элементов происходит главным образом за счет атмосферных осадков. Далее вниз по профилю за счет стекания и инфильтрации паводковых и болотных вод происходит вынос элементов (Mn, Sr, Ba, Cr, Cu), доказательством чему является их уменьшение в почвах транзитной позиции. При переходе к почвах аккумулятивной позиции, наблюдается увеличение подвижных элементов Mn, Sr, Ba, Cr Cu. Это подтверждается ранее полученными результатами по миграции Fe [4]. Авторами делается предположение, что перенос элементов в зону геохимического барьера (торфяные почвы аккумулятивной позиции) возможен в виде комплексов с гуминовыми кислотами. Наши исследования показали наличие корреляционных связей между содержанием элементов с гуминовыми кислотами.

Таким образом, степень подвижности химических элементов в исследуемых торфяных почвах варьирует в широких пределах: от 8 до 56 %. Подвижность элементов в торфяных почвах определяется условиями торфообразования и общими геохимическими условиями данной территории. По степени подвижности (% от валового содержания) химические элементы образуют следующий ряд: Mn (56 %) >Sr (48 %)>Ba (43 %)>Pb (32 %)=Cr (32 %)>Cu (27 %)=Co (27 %)>V (9 %)>Ti (8 %). Содержание подвижных химических элементов и степень их подвижности увеличивается вниз по профилю. Процесс изменения содержания подвижных элементов наиболее ярко проявляется в деятельном слое торфяных почв, характеризующимся анаэробно-аэробными условиями протекания биохимических процессов. В деятельном горизонте (соответствует слою 0-50 см) содержание подвижных элементов (Mn, Sr, Ba Cr, Cu) увеличивается вдоль фильтрационного потока: элювиальная позиция – транзитная позиция – аккумулятивная позиция.

Работа выполнена под руководством проф., д.с-х.н., чл.-корр. РАСХН Л.И. Инишевой при поддержке РФФИ (грант № 04-05-65197).

Литература

1. Классификация почв России / Под ред. Л.Л. Шишова и Г.В. Добровольского. М., 2000. 236 с. **2.** Инишева Л.И., Езупенок Е.Э. Болотные воды и их влияние на формирование химического состава рек // Материалы регионального совещания по созданию регистра вопросов и переноса загрязнений. Барнаул, 2004. С. 186-195. **3.** Болота Западной Сибири их строение и гидрологический режим / Под ред. К.Е. Иванова и С.М. Новикова. Л., 1976. 450 с.

4. Инишева Л.И., Юдина Н.В., Инишев Н.Г., Головченко А.В. Распределение органических веществ в системе геохимически сопряженных болотных ландшафтов // Геохимия. 2005. № 2. С. 1-9.

Mobile elements in the peat soils of landscape

E.A. Ezupenok

Distribution and dynamics of the mobile elements in peat soils of landscape in different water economy years is considered in paper the content.

МОРФОЛОГИЯ ГЕНЕРАТИВНЫХ СТРУКТУР СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ НА БОЛОТАХ ТОМСКОЙ ОБЛАСТИ

С.П. Ефремов, Т.С. Седельникова, А.В. Пименов

Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, г. Красноярск,
Institute@forest.akadem.ru

Представлены материалы исследований морфологических особенностей генеративных структур сосны обыкновенной в насаждениях олиготрофных, евтрофных осушенных болот и суходолов южно-таежной подзоны Томской области. В популяциях сосны на олиготрофных болотах отмечается общая морфологическая нанонизация генеративной сферы. Уменьшение линейных размеров макростробилов, микростробилов и числа микроспорофиллов у сосны на олиготрофных болотах рассматриваются в качестве адаптаций, обеспечивающих ускоренное и «экономичное» развитие генеративных структур в пессимальных условиях произрастания. Популяциям сосны на евтрофных осушенных болотах свойственны максимальные показатели стробилярной продуктивности, размеров макростробилов и массы семян.

Значительный вклад в процессы аккумуляции углерода и торфонакопления на территории Западно-Сибирской низменности вносят экосистемы лесов гидроморфного ряда развития, доминирующую роль в которых выполняет сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris L.)*. Популяции сосны представлены болотными формами, адаптированными к пессимальным режимам основных средообразующих факторов – температурного, гидрологического, эдафического [1, 2]. Наиболее тонким индикатором воздействия этих факторов является репродуктивная сфера. К настоящему времени изучены особенности генеративных структур в болотных популяциях *P. sylvestris L. subsp. sylvestris L.*, произрастающих в европейской части видового ареала [3]. Вместе с тем, репродуктивная сфера болотных экотипов сибирского подвида *P. sylvestris L. subsp. sibirica Ledeb.* исследована слабо [4].

В настоящем сообщении представлены материалы сравнительного изучения морфологических особенностей генеративных структур сосны обыкновенной в популяциях болот и суходолов южно-таежной подзоны Томской области. Были исследованы макростробилы (женские шишки), микростробилы (мужские шишки, представляющие собой собрания микроспорофиллов), а также микроспоро-

филлы (специализированные спороносные листья, на которых развиваются микроспорангии с пыльцой).

Методика исследований

Объекты исследования общей площадью около 40 тыс. га расположены в южнотаежной подзоне Западной Сибири на территории Бакчарского, Шегарского и Тимирязевского лесхозов Томской области. Изученные насаждения представляют собой болотные сосняки различных типов водно-минерального питания и их монопородные аналоги суходольного ряда (табл. 1).

Таблица 1

Таксационные показатели древостоев сосны обыкновенной

№ п/п*	Число стволов на 1 га	Запас стволовой древесины, $м^3 га^{-1}$	Высота, м	Диаметр, см	Возраст, лет	Класс бонитета
Популяции олиготрофных болот						
1	7181 ± 1014.7	8.5 ± 1.01	2.0 ± 0.25	2.5 ± 0.71	109 ± 4.2	Va
2	3080 ± 659.8	37.9 ± 6.18	5.8 ± 0.48	7.7 ± 0.92	125 ± 3.7	Va
3	2201 ± 640.0	42.3 ± 18.24	7.5 ± 1.35	8.9 ± 1.70	99 ± 9.8	Va
4	2235 ± 143.1	43.5 ± 7.54	7.1 ± 0.16	9.3 ± 0.48	123 ± 5.6	Va
Популяции евтрофных осушенных болот						
5	1001 ± 66.5	113.9 ± 28.95	12.1 ± 0.84	14.5 ± 1.06	64 ± 3.5	IV
6	1144 ± 32.9	121.3 ± 13.53	14.1 ± 0.24	13.5 ± 0.32	52 ± 1.7	III
7	1095 ± 72.8	196.3 ± 70.69	13.5 ± 1.41	17.8 ± 2.95	70 ± 1.1	IV
8	1187 ± 44.3	172.4 ± 27.17	15.7 ± 0.82	15.2 ± 0.53	44 ± 1.2	II
Популяции суходолов						
9	530 ± 21.9	363.3 ± 17.91	23.1 ± 0.81	30.2 ± 0.87	98 ± 16.8	II
10	447 ± 30.7	629.0 ± 21.34	26.2 ± 0.73	40.2 ± 0.91	122 ± 10.4	II
11	607 ± 16.5	299.2 ± 54.13	21.1 ± 0.78	25.2 ± 1.56	91 ± 13.7	III
12	613 ± 20.4	739.0 ± 24.12	24.7 ± 0.95	38.8 ± 0.86	122 ± 12.6	III

Примечание: * - здесь и в других таблицах названия экотопов приведены в разделе “Методика исследований”.

В настоящем сообщении использованы усредненные по сериям пробных площадей многолетние (1985-2000 гг.) данные по древостоям, произрастающим на олиготрофных болотах: 1 - Бакчаро-Иксинское (сосняки кустарничково-сфагновые), 2 – Круглое (сосняки кустарничково-сфагновые с пушицей), 3 – Киргизное (сосняки кустарничково-сфагново-черничные с пушицей и осоками), 4 – Цыганово (сосняки кустраничково-сфагновые с пушицей и осоками по мочажинам); на евтрофных осушенных в 1961-71 гг. болотах: 5 – Таган (сосняки крапивно-кипрейные), 6 – Клюквенное (сосняки крапивно-кипрейные с вейниками и лабазником), 7 – Большое Жуковское (сосняки вейниково-крапивные), 8 – Малое Жуковское (сосняки вейниково-осоково-крапивные); на суходолах: 9 – вокруг Клюквенного болота (сосняки лишайниково-брусничные), 10 – вокруг болота Таган (сосняки разнотравно-зеленомошные), 11 – вокруг Киргизного болота (сосняки лишайниково-зеленомошные), 12 – вокруг Цыганова болота (сосняки лишайниково-зеленомошные) (табл. 1).

Основные признаки, характеризующие строение генеративных структур сосны обыкновенной, изучались в соответствии с общепринятыми методиками [2, 5, 6].

Результаты исследований

В результате проведенного исследования для генеративной сферы сосны в гидроморфных лесорастительных условиях были выявлены специфические особенности. Так, установлено, что количество макростробилов, формирующихся на одном дереве в условиях олиготрофных болот, составляет 94.4±28.9 шт., осушенных евтрофных болот - 332.7±36.4 шт. В наиболее пессимальных условиях произрастания на олиготрофных болотах в насаждениях сосны количество нераскрывающихся макростробилов максимально, а на суходолах – минимально. Как правило, большинство нераскрывающихся макростробилов содержит пустые или недоразвитые семена, образующиеся при нарушении процессов опыления и созревания семян вследствие неблагоприятных гидротермических условий [7].

Выявлено, что наименьшими линейными размерами характеризуются макростробилы сосны с олиготрофных болот. Внутривидовые формы сосны с мелкими размерами макростробилов характерны для популяций, произрастающих в условиях ресурсного дефицита [2]. В болотных и суходольных популяциях сосны встречаются макростробилы с тремя формами строения апофизов. Популяции сосны на олиготрофных болотах характеризуются большим числом деревьев с макростробилами *f.plana*. На евтрофных болотах доля таких деревьев существенно уменьшается, с одновременным увеличением числа особей с макростробилами *f.reflexa* и *f.gibba*. Типичная для вида структура популяций по данному признаку наблюдается на суходолах.

Несмотря на то, что годичные колебания среднепопуляционных значений массы 1000 шт. семян в пределах отдельных популяций достигают 1-2 г, наблюдается его устойчивая сопряженность с конкретными условиями произрастания. Так, минимальная масса семян зафиксирована на олиготрофных болотах (5.2-6.4 г), существенно выше она на суходолах (6.3-7.4 г) и максимальна на евтрофных осушенных болотах (7.0-8.2 г).

Окраска семенной кожуры в изученных популяциях сосны отличается широким диапазоном оттенков, включающим черные, темно-коричневые, темно-пестрые, светло-пестрые, коричневые, светло-коричневые, серые, оранжевые и бежевые вариации. При интерпретации спектра цветосеменных форм использовалась их дифференциация на две основные группы: светлые и темные. Выявлено, что максимальное участие деревьев со светлоокрашенными семенами наблюдается на олиготрофных болотах (32.7-48.1 %). Однако в пределах группы олиготрофных болот наблюдаются флуктуации процентного распределения деревьев по окраске семян. Например, количество деревьев со светлоокрашенными семенами на различных участках Круглого болота варьирует от 17.3 до 50.0 %. Отклонение от типичного для данного экотопа распределения цветосеменных вариаций может определяться включением в болотный массив суходольных участков леса, а также пирогенным фактором.

Важными морфологическими признаками, обеспечивающими успешное распространение семян за счет оптимизации основных характеристик их полета, являются размеры и форма семенных крылаток. Насаждения сосны на евтрофных осушенных болотах и суходолах характеризуются наибольшими линейными размерами крылаток, на олиготрофных болотах эти показатели достоверно ниже. Однако, несмотря на различие в размерах, форма крылышка во всех популяциях сосны одинакова и идентифицируется как нормальная (коэффициент формы составляет 3.3-3.5). Близкие значения формы семенных крылаток в популяциях олиготрофных, евтрофных болот и суходолов, по-видимому, являются свидетельством их единого происхождения.

Различия в линейных размерах семенных крылаток в изученных популяциях сосны можно объяснить не только субстратным лимитированием на олиготрофных болотах, но также сохранением оптимальных для вида летных качеств крылаток посредством скоррелированной изменчивости их параметров (конфигурации и размеров крыла). Тем самым достигаются такие аэродинамические показатели, которые обеспечивают успешное распространение семян. В качестве основного аэродинамического критерия используется подъемный индекс (aspect ratio), определяемый как отношение квадрата длины крыла к его площади [8]. Значения этого показателя для семенных крылаток сосны олиготрофных, евтрофных болот и суходолов близки между собой и составляют, соответственно, 6.68, 6.98 и 6.92, приближаясь к оптимальной форме, рассчитанной для данной массы (7.86).

Структура изученных болотных и суходольных популяций сосны обыкновенной по окраске микростробилов представлена красно- и желтопыльниковыми формами деревьев. Наибольшее участие краснопыльниковой формы свойственно популяциям сосны на олиготрофных болотах (26.3-46.5 %). Несколько меньше оно на осушенных евтрофных болотах (16.4-49.9 %) и минимально на суходолах (2.0-14.0 %). Выявленные различия по частоте встречаемости красно- и желтопыльниковой форм в болотных и суходольных насаждениях сосны определяются, вероятно, особенностями температурного режима данных экотопов. Максимальное участие краснопыльниковой формы отмечено в популяциях олиготрофного Бакчаро-Иксинского и евтрофного Суховского болот. Расположены они в наиболее северном из исследованных Бакчарском районе. На суходолах подобная картина отмечается в пирогенных насаждениях, сформировавшихся во многом за счет инвазии семян болотных форм сосны (популяция на суходоле вокруг Цыганова болота).

В исследованных популяциях сосны выявлены существенные различия по длине и диаметру микростробилов, числу микроспорофиллов в одном микростробиле (табл. 2). Минимальные значения этих параметров отмечены у деревьев на олиготрофном болоте, достоверно выше они у растений в популяциях евтрофного болота и суходола. Максимальные значения линейных размеров микростробилов свойственны особям с евтрофного болота. Вероятно, уменьшение размеров микростробилов и числа микроспорофиллов в них на олиготрофных болотах по сравнению с суходолами, и особенно с евтрофными болотами, связано с дефицитом элементов минерального питания.

Дифференциация изученных популяций сосны обыкновенной сопровождается также устойчивым смещением фенофаз пыления. В разные годы учета пыление суходольных насаждений сосны начиналось 2-6 июня, вылет пыльцы у болотных форм происходил с опозданием на 4-5 дней. Установлено, что болотные популяции сосны отличаются достоверно более высокими значениями параметров пыльцы по сравнению с суходольными (табл. 2). Различия проявляются не только по длине и высоте тела пыльцевого зерна, но и по размерам его воздушных мешков. Значения размеров тела пыльцевого зерна у сосны на евтрофных болотах достоверно выше, чем на олиготрофных болотах, что может быть связано с благоприятным трофическим режимом первого типа места произрастания. Выявленная тенденция к увеличению размеров пыльцы на болотах по сравнению с суходолами согласуется с представлением о том, что в Западной Сибири формирование более крупных пыльцевых зерен связано с возрастанием влажности воздуха и почвы [9].

Таблица 2

Морфологические признаки мужских генеративных структур в популяциях сосны обыкновенной на болотах и суходолах

Признаки	**Экотопы**		
	Олиготрофное болото (№ 3)	**Евтрофное болото (№ 7)**	**Суходолы (№ 11)**
Длина микростробилов, мм	12.8 ± 0.28	18.1 ± 0.72	16.0 ± 0.86
Диаметр микростробилов, мм	6.4 ± 0.11	8.6 ± 0.27	7.9 ± 0.25
Число микроспорофиллов, шт.	22.8 ± 0.41	32.0 ± 1.05	25.0 ± 1.31
Общая длина пыльцевого зерна, мкм	30.9 ± 0.27	31.7 ± 0.17	24.8 ± 0.32
Длина тела пыльцевого зерна, мкм	17.1 ± 0.27	18.0 ± 0.20	14.5 ± 0.19
Длина воздушного мешка, мкм	13.6 ± 0.18	13.7 ± 0.19	10.7 ± 0.18
Высота тела пыльцевого зерна, мкм	15.2 ± 0.25	14.2 ± 0.21	13.3 ± 0.06
Высота воздушного мешка, мкм	13.3 ± 0.20	13.8 ± 0.17	11.1 ± 0.16

Проведенные исследования выявили, что большая часть показателей генеративной сферы отличается экотопической специфичностью. Так, в популяциях сосны на олиготрофных болотах отмечается общая морфологическая нанонизация макростробилов, семян и семенных крылаток. Нанонизация рассматривается как скоррелированное уменьшение размеров, не сопровождающееся изменением структурных параметров. Данная особенность может приводить к снижению репродуктивного потенциала и нарушению возрастной структуры древостоев. Популяциям сосны на евтрофных осушенных болотах свойственны максимальные показатели стробилярной продуктивности, размеров макростробилов и массы семян. Дифференциация болотных и суходольных форм сосны сопровождается устойчивым фенологическим смещением процесса пыления, усиливающим их эволюционную дивергенцию. Уменьшение линейных размеров микростробилов и числа микроспорофиллов у сосны на олиготрофных болотах, вероятно, обеспечивает ускоренное и «экономичное» развитие мужских генеративных структур в условиях трофического лимитирования. Увеличение размеров пыльцевых зерен у сосны обыкновенной на болотах, возможно, является отражением анаэрорезистентного типа ее метаболизма в весенний и раннелетний периоды, когда происходит максимальное повышение уровня грунтовых вод.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (грант № 05-04-48517-а), Интеграционного проекта СО РАН № 145, Программой РАН 12.1, Программой фундаментальных исследований Президиума РАН «Динамика генофондов растений, животных и человека» (госконтракт № 10002-251/П-24/154-319/190-504-294).

Литература

1. Бобров Е.Г. Лесообразующие хвойные СССР. Л., 1978. 188 с. **2.** Правдин Л.Ф. Сосна обыкновенная. М., 1964. 190 с. **3.** Особенности формирования популяций сосны обыкновенной / Под ред. В.И. Некрасова. М., 1984. 128 с. **4.** Санников С.Н., Петрова И.В. Дифференциация популяций сосны обыкновенной. Екатеринбург, 2003. 247 с. **5.** Моносзон-Смолина М.Х. К вопросу о морфологии пыльцы некоторых видов рода *Pinus* // Ботан. журн. 1949. Т. 34. № 4. С. 352-380. **6.** Черепнин В.Л. Изменчивость семян сосны обыкновенной. Новосибирск, 1980. 183 с. **7.** Третьякова И.Н. Эмбриология хвойных: Физиологические аспекты. Новосибирск, 1990. 157 с. **8.** Ennos A.R. The effect of size on the optimal shapes of gliding insects and seeds // J. Zool. London. 1989. V. 219. P. 61-69. **9.** Некрасова Т.П. Плодоношение сосны в Западной Сибири. Новосибирск, 1960.132 с.

Morphology of Scots Pine generative structures of the bogs of Tomsk Region

S.P. Yefremov, T.S. Sedel'nikova, A.V. Pimenov

The materials of morphological features of Scots pine generative structures investigations in stands of oligotrophic bogs, eutrophic drained bogs and dry valleys in south-taiga subzone of Tomsk region are presented. In Scots pine populations on oligotrophic bogs general morphological nanism of female generative sphere is marked. The reduction of Scots pine female cones linear sizes, male cones linear sizes and number of microsporophylles in oligotrophic bogs regards as adaptations, which provides the accelerated and "economic" development of generative structures in extreme environmental conditions. Populations of Scots pine on eutrophic drained bogs are characterized by the maximal parameters of strobile productivity, female cone sizes and seed weight.

СОЗДАНИЕ БАЗЫ ДАННЫХ ПО ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИМ СВОЙСТВАМ ГУМИНОВЫХ КИСЛОТ

Е.С. Завацкая[1], М.В. Гостищева[2], Л.В. Горчаков[1]

[1]Томский государственный университет, sokolova@phys.tsu.ru

[2]Томский государственный педагогический университет

В статье излагаются основные подходы и технологии решения проблемы разработки базы данных по гуминовым кислотам торфов и других болотных отложений южно-таёжной подзоны Западной Сибири (в пределах Томской области).

Гуминовые вещества (ГВ) - это сложные смеси устойчивых к биодеструкции высокомолекулярных темноокрашенных органических соединений природного происхождения, образующихся при разложении растительных и животных остатков под действием микроорганизмов и абиотических факторов среды. ГВ представляют собой макрокомпоненту органического вещества почвенных и водных экосистем, а

также твердых горючих ископаемых. Их содержание в почвах и водах составляет 60-80 % от общего органического вещества, в торфах и углях оно колеблется от 20 до 90 %.Общепринятая классификация ГВ основана на различии в растворимости в кислотах и щелочах. Согласно этой классификации ГВ подразделяют на три составляющие: гумин (неизвлекаемый остаток, нерастворимый ни в щелочах, ни в кислотах), гуминовые кислоты (ГК) (фракция ГВ, растворимая в щелочах и нерастворимая в кислотах), фульвокислоты (ФК) (фракция ГВ, растворимая в щелочах и в кислотах). В качестве обобщающего названия, обозначающего как гуминовые, так и фульвокислоты, применяют термин “гумусовые кислоты” [1, 2].

В настоящее время накоплено большое количество данных по ГК, требующие систематизации, поэтому возникла необходимость в создании баз данных. Современный мир информационных технологий трудно представить себе без использования баз данных. Практически все такие системы в той или иной степени связаны с функциями долговременного хранения и обработки информации. Фактически информация становится фактором, определяющим эффективность любой сферы деятельности. Увеличились информационные потоки и повысились требования к скорости обработки данных, и теперь уже большинство операций не может быть выполнено вручную, они требуют применения наиболее перспективных компьютерных технологий. Ранее в лаборатории торфа и экологии СибНИИТ СО РАСХН была разработана база данных «Химия торфов», которая была зарегистрирована в Реестре баз данных РосАПО 05.01.97 (№ 970002), содержащая подробные сведения о геоморфолоических особенностях торфяных месторождений, об общетехнических и химических свойствах торфов [3].

В данном проекте разрабатывается программа, которая будет позволять работать с базой данных (БД) по физико-химическим свойствам гуминовых кислот. В настоящее время наметилась тенденция в создании баз данных удаленного доступа и в этом направлении наиболее динамично развиваются базы данных в так называемой клиент-серверной технологии. Сейчас разработано много разных технологий доступа к таким базам и в данном докладе делается акцент на использовании одного из таких подходов - технологии COM+ и ActiveX. В этом направлении наиболее плодотворной показала себя так называемая технология WebSnap, которая использована нами для создания базы данных по гуминовым кислотам.

База данных устанавливается на сервере IIS 5.0 и доступна через браузер IE в двух режимах: для просмотра и для редактирования. Для разделения этих режимов использована парольная аутентификация пользователя и авторизация по правам доступа. Последняя позволяет скрыть от пользователя, не имеющего соответствующих прав доступа, закладки для редактирования базы данных. Поэтому такой пользователь даже и не будет знать о такой возможности.

Ресурсы, используемые нами для наполнения базы – это десятками лет накопленные огромные массивы первичной информации, база данных по химии торфов, созданная в Сибирском институте торфа, содержащая около 4000 записей, характеризующих пробы, взятые с 98 торфяников на территории Томской области, в основном с ее южных частей. В записях хранится информация об элементном, фракционном составах и таится еще много скрытых закономерностей, спо-

собных помочь в освоении природных богатств, а также новые данные по ГК Томской области, требующие изучения.

Мы стараемся отразить, наиболее важные на наш взгляд сведения, т.е. вносим информацию о районе, пункте, глубине отбора, тип и вид почвы, ботанический состав, а также данные по физико-химическим свойствам, полученные методами ИК-, ЭПР- ,УФ- спектроскопии, молекулярно- массовым распределением. В базе заложена возможность поэтапного просмотра материала по мере необходимости. Отработан и вариант, позволяющий просмотреть нужный материал, предварительно сохранив его на своем компьютере. Программа позволяет выполнять ряд действий:

- просмотр всех записей
- автоматический переход на нужную строку
-обработка различных запросов пользователя

Работа с пользователем будет осуществлена при помощи меню и подсказок через формы, на основе которых построен интерфейс. В формах будут отображаются результаты запросов, содержание базовых таблиц, вводится условия выборки. Формы содержат управляющие элементы (кнопки, переключатели), которые по разным событиям (от клика мышью до наведения указателя на элемент управления) активизируют необходимые процессы (обновление запросов, переходы по записям).

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ (№ 05-07-98002).

Литература

1. Орлов Д.С. Гумусовые кислоты почв и общая теория гумификации. М., 1990. 325 с. **2.** Физика и химия торфа: Учебное пособие / И.И. Лиштван, Е.Т. Базин, Н.И. Гамаюнов, А.А. Терентьев. М., 1989. 304 с. **3.** Инишева Л.И., Дементьева Т.В., Пяткова С.И. Информационная система «Химия торфов» // Информационные технологии, информационные измерительные системы и приборы в исследовании сельскохозяйственных процессов. 2000. С. 64-67.

Creation of the database on physical and chemical properties of humic acids

E.S. Zavatskaja, M.V. Gostishcheva, L.V. Gorchakov

In clause the basic approaches and technologies of the decision of a problem of development of a database on humic acids of peats and other marsh adjournment of a south-taiga subzone of Western Siberia (within the limits of Tomsk region).

ИССЛЕДОВАНИЯ ГУМИНОВЫХ КРАСИТЕЛЕЙ, ПОЛУЧЕННЫХ ИЗ ТЕРМООБРАБОТАННОГО ТОРФА

А.А. Ильина, Ю.В. Сколубович

Томский политехнический университет, ilanna1@yandex.ru

Исследования, проведенные на кафедре химической технологии топлива ТПУ, показали, что предварительная термическая подготовка позволяет обогатить торф целевым продуктом – гуминовыми кислотами. Рекомендован температурный интервал предварительной обработки 200–350^{0}С, который определяет максимальное увеличение выхода гуминовых кислот (на 40–50 %) и закономерные изменения их химических свойств. Проведено сравнение красящей способности гуматов из исходного торфа и после его термической обработки.

В настоящее время во всем мире наблюдается повышенный интерес к гуминовым веществам, совершенствуются технологии производства, расширяется сырьевая база, в которую вовлекаются все новые виды углей, торфов, сланцев. Особую ценность представляют собой гуматы натрия и выделяемые из них гуминовые кислоты (ГК) [1]. Применение тех и других исключительно разнообразно. Многочисленными исследованиями установлено стимулирующее действие гуминовых соединений на рост и развитие растений, повышение их устойчивости к неблагоприятным факторам окружающей среды [2]. Действие гуминовых препаратов не ограничивается влиянием на обмен веществ растений. При систематическом использовании препаратов улучшается структура почвы, ее буферные и ионообменные свойства, активизируется деятельность почвенных микроорганизмов, минеральные элементы переводятся в доступную для растений форму. Щелочные вытяжки из некоторых гуминовых углей используются как протрава для некоторых сортов древесины [3]. Практический интерес представляют ГК как ионообменные материалы и красители. Торф, как сырье для производства гуминовых красителей отличается низкой стоимостью и высоким содержанием ГК [1]. Соли гуминовых кислот находят применение в мебельной промышленности в качестве красителей для древесины. Крашение древесины при изготовлении мебели производится с целью выявления текстуры и усиления естественной окраски, выравнивания тона и имитации малоценных пород под ценные [4]. В настоящее время Российская Федерация осуществляет активную внешнюю торговлю синтетическими красителями. Так, в 2000 г. экспортные поставки этой группы товаров составили 3.17 тыс. т на сумму 52.39 млн. долл., а импортные закупки – 11.52 тыс. т на сумму 34 млн. долл. Более 96 % импортных закупок осуществляется в странах дальнего зарубежья, преимущественно в странах Западной Европы.

Целью данной работы было исследование термостойкости ГК в результате предварительного нагрева торфа в среде собственных газов разложения и сравнение красящей способности гуматов.

Методика исследований

В качестве объекта исследования был взят торф Таганского месторождения Томской области со степенью разложения 35 %, зольностью 7.9 %, выходом летучих 68.4 %, аналитической влажностью 8.1 %.

Выделение ГК из торфа и остатков его термолиза при температурах 250, 300, 350^{0}С, проводили по методике Инсторфа [5]. Влажность и зольность ГК определяли по [6, 7], содержание нерастворимых в воде примесей, растворимость в воде и светостойкость образцов - в соответствии с [8]. Гуматы натрия исследовались в качестве красителей для древесины по ТУ 6-14-100-75 “Красители органические для древесины (водорастворимые)”.

Определение красящей способности заключалось в измерении оптической плотности 5 % раствора красителя, разбавленного в 400 раз на фотоэлектроколориметре марки ФЭК-56 М при длине волны 400 нм. Спетры гуминовых красителей в УФ и видимой областях были сняты на спектрофотометрах марок “СФ-16” и “Спекорд” для получения достоверных результатов. Оптическая плотность растворов гуминовых красителей, разбавленных в 400, 800, 1200 и 3200 раз дистиллированной водой, измерялась в интервале длин волн 200-800 нм. Измерения проводились с шагом 5 нм, объём проб 2 мл, толщина слоя 1 см.

Результаты исследований

Известно, что химический состав и свойства ГК зависят от способа их выделения. Поэтому предварительная температурная обработка торфа должна изменить красящую способность гуматов. Как видно из таблицы, выход ГК зависит от температурной обработки торфа и достигает максимального значения при температуре 250^{0}С, что составляет 47.9 %. Количество примесей также меняется в зависимости от температуры обработки. Наименьшее количество примесей содержится в гуминовых красителях № 2 и № 3, наибольшее – в красителе, выделенном из исходного торфа. Красящая способность полученных гуминовых препаратов определяется температурой предварительно нагретого торфа. Максимальная красящая способность наблюдается в образце № 4, которой соответствует величина оптической плотности 0.92; минимальную красящую способность (0.30) показал краситель из термообработанного при 250^{0}С торфа. Интенсивность окраски полученных красителей уменьшается у препаратов, выделенных из остатков термолиза при 250 и 300^{0}С, и усиливается у красителя, полученного из твёрдого остатка термолиза, обработанного при 350 ^{0}С. Все испытуемые красители относятся к орехово-коричневой гамме.

Можно предположить, что образующиеся в процессе нагрева торфа кислородсодержащие группировки вызывают светорассеяние и уменьшают поглощение света ароматическим ядром, что отрицательно сказывается на эффекте усиления окраски [9, 10]. Максимальное количество кислородсодержащих групп содержится в ГК из торфа, обработанного при 250 и 300^{0}С. При температуре обработки торфа 350^{0}С наблюдается их снижение в ГК, что положительно сказывается на красящей способности.

В результате испытаний полученных торфяных красителей выяснилось, что полностью требованиям технических условий удовлетворяют красители, выделенные из остатков термолиза торфа, обработанного при температуре 350^{0}С. Указанные красители относятся к орехово-коричневой гамме, обладают высокой красящей способностью и высокой светостойкостью, хорошо прокрашивают поры дре-

Результаты испытаний красящей способности гуминовых препаратов

Объект исследования	Температура обработки, ^{0}C	Выход ГК, % мас.	Количество примесей, %	Оптическая плотность	Цвет красителя
Исходный торф № 1	95	35.1	8.3	0.51	Темно-коричневый
Остаток термолиза № 2	250	47.9	4.7	0.30	Коричневый
Остаток термолиза № 3	300	24.8	4.3	0.52	Более темный, чем № 2
Остаток термолиза № 4	350	12.7	5.2	0.92	Темнее, чем № 3, но не такой темный как № 1

весины, что позволяет рекомендовать организацию их производства и внедрения для обеспечения предприятий мебельной промышленности.

Таким образом, на основании вышесказанного установлено, торфяной краситель, независимо от температуры термообработки торфа, представляют собой однородный блестящий порошок черного цвета. Растворимость в воде и светостойкость также не зависят от температуры обработки и оцениваются соответственно в 5 баллов по пятибалльной шкале. Минимальное содержание примесей присутствует в красителе, полученном из остатка термолиза, обработанного при 300^{0}C – 4.3 %, максимальное содержание примесей характерно для красителя из исходного торфа 8.3 %. Оптическая плотность исходного и термообработанного торфа при 300^{0}C оказалась практически одинаковой и составила соответственно 0.51 и 0.52. Краситель из термообработанного при 250^{0}C торфа характеризуется наименьшей оптической плотностью (0.30), а выделенный из остатка термолиза при 350^{0}C - наибольшей (0.92).

Литература

1. Лиштван И.И., Маль С.С., Поваркова С.С. и др. Торфяной краситель для мебельной промышленности // Торфяная промышленность. 1982. № 9. С. 20–21. **2.** Комисаров И.Д., Виленский И.И, Федченко О.И. Извлечение гуминовых веществ из органогенных пород // Гуминовые препараты. Тюмень, 1971. 265 с. **3.** Ряшенцев К.В., Трофимова Н.И., Уранова Т.И. К вопросу использования гуминовых кислот каустобиолитов в качестве самономеров // Химия гумусовых кислот, их роль и перспективы использования в природном хозяйстве / Тезисы докл. конф. Тюмень, 1981. С. 64. **4.** Ванинская Ю.М., Кучук В.С. Окраска древесины при радиационно–химическом модифицировании. Минск, 1987. 103 с. **5.** Лиштван И.И., Король Н.Т. Основные свойства торфа и методы их определения. Минск, 1975. 320 с. **6.** ГОСТ 11305–83. Торф. Методы определения влаги. Введ. 18.02.83. М., 1982. 13 с. **7.** ГОСТ 11306–85. Торф. Методы определения зольности. Введ. 01.01.85. М., 6 с. **8.** ГОСТ 16922–83. Красители органические, полупродукты, текстильно-вспомогательные вещества. Методы испытаний. Введ. 23.03.71. М., 1970. 17 с. **9.** Гиллем А., Штерн Е. Электронные спектры поглощения органических соединений. М., 1957. 377 с. **10.** Казицина Л.А., Куплецкая Н.В. Применение УФ-, ИК-, и ЯМР-спектроскопии в органической химии. М., 1971. 344 с.

The investigation of humic dyestuffs being obtain from thermocultivation peat

A.A. Ilyina, J.V. Scolubovich

The investigations showed that preliminary thermal preparation allows enriching peat with product – humic acids (HA). It is recommended the interval of preliminary thermal preparation 200-350^{0}C. It defines max increase of HA exit (for 40-50 %). Within quantitative indication, inherent in HA, establishes regular modification of their chemical properties. Directions of practical usage HA yield from thermocultivation peat is open to question. One of the perspective variants is their application as dye for wood.

ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ГИДРОМОРФНЫХ ЛАНДШАФТОВ КРИОЛИТОЗОНЫ СРЕДНЕЙ СИБИРИ КРАСНОЯРСКОГО КРАЯ

Л.В. Карпенко

Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, г. Красноярск,
Institute@forest.academ.ru

На четырех ключевых участках, разноудаленных от источника промышленных выбросов, исследовано экологическое состояние, стратиграфия и общетехнические свойства гидроморфных ландшафтов лесотундры и северной тайги Средней Сибири. Установлено, что болотные экосистемы, находящиееся на значительном удалении от источника выбросов, имеют малую степень поражения. Болота, расположенные в 40 км зоне, испытывают значительный техногенный пресс.

Болота являются одним из наиболее важных ландшафтов лесотундры и северной тайги Средней Сибири, остающихся до настоящего времени почти неизученными. В то же время прогнозирование естественных процессов их развития, а также последствий воздействия на них антропогенного фактора невозможны без знания экологического состояния и их региональных особенностей.

В период с 2001-2004 гг. нами проводились полевые экспедиционные работы по экологическому обследованию болот в зоне факела выбросов ОАО «ГМК Норильский никель». Цель работы – определение экологического состояния гидроморфных ландшафтов при воздействии на них аэротехногенных поллютантов (тяжелых металлов и серы); исследование стратиграфии торфяной залежи, степени ее деградации и дефляции; определение некоторых общетехнических свойств торфа.

Методика исследований

Объектами исследований являлись гидроморфные ландшафты, разноудаленные от источника загрязнений. При проведении исследований болотных экосистем использован принцип биоиндикации. В качестве биоиндикаторов служили доминанты растительного покрова болот: сфагновые и гипновые мхи, лишайники, а также болотные кустарнички. Визуально определялась их жизненность, изменение структуры видового состава, обилие и степень покрытия ими поверхности болот. Кроме того, анализировалось состояние торфяной залежи, деградации, минерализации, дефляции. Описание растительности гидроморфных ландшафтов проводилось в соответствии с топологическими условиями и признаками морфологической диф-

ференциации болотного массива: рельефа, увлажнения, типа, подтипа болота. Оценка обилия растительных сообществ выполнялась визуально по проективному покрытию, с использованием шкалы О. Друде и отметкам о жизненности различных видов, их фенологическом состоянии, высоте и проективном покрытии.

В каждой микроассоциации болотного массива закладывался разрез, и на всю глубину органогенного горизонта с интервалом 5-10 см отбирались образцы. Анализ торфа проведен в соответствии с методиками, применяющимися в болотоведении: ботанический состав [1], влажность и зольность [2], степень разложения торфа [3], объемный вес [4]. Значения pH водной и солевой суспензий определено на ионометре универсальном – ЭВ-74.

В настоящей статье основное внимание уделено визуальной оценке экологического состояния растительного покрова болот и степени деградации торфяной залежи, и в меньшей степени – характеристике общетехнических свойств торфа.

Результаты исследований

Ключевой участок «Горбиачин» (удаленность от источника загрязнений 210 км на юг). Река Горбиачин протекает в юго-западной части плато Путорана. Доля болот в растительном покрове этой территории незначительна. Небольшие болотные массивы большей частью расположены по берегам крупных рек или вокруг термокарстовых озер межгорных котловин.

Древесный ярус таких болот обычно представлен редкостойной лиственницей сибирской с сомкнутостью 0.1-0.2. В кустарниковом ярусе высотой 80 см и сомкнутостью 0.3-0.5 преобладают карликовая береза и различные виды ив. Меньшее участие в образовании яруса принимают ольха и можжевельник.

Травяно-кустарничковый ярус сфагновых бугров высотой около 40 см образован осоками – вздутой, кругловатой, шаровидной и пушицей влагалищной. Единичными экземплярами встречаются кипрей, белозор болотный, сердечник, живокость, подмаренник болотный. Во втором ярусе, не превышающем 20 см, обильны черника, голубика, морошка, шикша.

В напочвенном покрове доминируют сфагновые мхи – *Sphagnum fuscum (Schmp.) Klinggr., S. rubellum Wils.* – 80 % покрытия, в качестве примеси к ним – вкрапления зеленых мхов *Aulacomnium palustre Schwaegr., Pleurozium schreberi Mott., Tomenthypnum nitens (Hedw.) Loeske*. Лишайниками занято 20 % поверхности болот, среди них преобладает *Cetraria islandica L. (Ach.)*., редкими куртинами отмечены *Cladonia rangiferina (L) Harm., C. stellaris (Opiz) Brodo., C. amaurocraea (Filk) Schaer., Peltigera aphthosa (L) Willd.*, обилие каждого из них не превышает 3-5 %.

Мочажины занимают обычно не более 20 % поверхности болот. Растительный покров в отдельных мочажинах полностью деградирован. Покрытие мочажин мхами достигает 80 %, из них доминируют зеленые мхи – *Drepanocladus fluitans Warnst., Drepanocladus lycopodioides Warnst., Mnium affine Bland., Scorpidium scorpioides (Hedv.) Lindb., Brachythecium mildeanum Schimp*. Сфагновые мхи – *Sphagnum rubellum Wils., S. acutifolium Ehrh.* встречаются в виде вкраплений в зеленых мхах. Здесь же единичными экземплярами произрастают папоротник и морошка.

Мощность торфяной залежи болот в долине р. Горбиачин обычно не превышает 80–100 см. Верхняя часть торфяного профиля гряд, как правило, образована слаборазложившимся гипновым или сфагновым низинными торфами. Ниже залегают древесно-сфагновые и древесно-осоковые торфа.

Влажность торфа варьирует в широких пределах – от 67 до 80 %. Степень разложения изменяется от 4–5 % до 22–36 %, зольность торфа - от 4–8 % до 14–16 %. В основании залежей торфа сильно минерализованы и величина зольности здесь достигает 37 %; pH вод. – 4.0-4.4, pH сол. – 3.1-3.6.

Ключевой участок «Тукаланда» (удаленность от источника загрязнений 110 км на юг) приурочен к Норильской депрессии, отделяющей Путораны от Норильских гор. Долина р. Тукаланда, с севера впадающая в Хантайское водохранилище, сильно заболочена. Здесь преобладают талые грядово-мочажинно-озерковые болотные масивы. Один из таких гидроморфных комплексов площадью около 10 га был обследован нами.

Питание болота осуществляется делювиальными водами, а также атмосферными осадками и водами тающей мерзлоты. Древесный ярус на болоте отсутствует. Лишь кое-где по его окрайке встречается угнетенная лиственница, береза и ольховник.

Растительный покров комплексный – на грядах и буграх олиготрофный, в мочажинах – мезо-евтрофный. Микрорельеф образуют сильно извилистые невысокие и узкие гряды, занимающие 40 % поверхности болота и сливающиеся друг с другом и сильно увлажненные мочажины крупных размеров. В центре болота расположены небольшие озера с открытой водной поверхностью и глубиной 1.5–2.0 м. В северной, наиболее дренированной, части болотного масива в единственном числе находится мерзлый плоский бугор длиной более 20 м. Высота его над уровнем болота составляет около 2.0 м. Поверхность бугра выпуклой формы, почти лишена растительности и разбита морозобойными трещинами на небольшие полигональные отдельности.

Кустарничковый ярус на грядах высотой 30 см образует карликовая береза. Форма ее кустов распластанная, листья желтые и редкие. В травяно-кустарничковом ярусе доминирует обильно плодоносящая морошка. Она имеет неестественно красно-бурый и фиолетовый цвет, края листьев большей частью сухие. Меньшее участие в этом ярусе принимают багульник, подбел, водяника, осока вздутая, пушица влагалищная, черника и клюква мелкоплодная.

Моховый покров на 100 % образован *Sphagnum fuscum (Schmp.) Klinggr.* Лишайниковый покров гряд представлен кладониями и цетрариями, степень покрытия которыми достигает 5-15 %.

Травяной ярус обширных, сильно обводненных мочажин образуют осоки топяная и кругловатая, пушица рыжеватая, хвощ топяной и сабельник. Основной фон мохового покрова мочажин образуют *Drepanocladus lycopodioides Warnst., Drepanocladus fluitans Warnst.*, составляющие 70-80 % покрытия. Повсеместно по гипновому ковру рассположены микрокочки из *Drepanocladus aduncus (Hedw) Monkem.* На микроповышениях в мочажинах и у основания гряд в воде растет *Sphagnum obtusum Warnst.*

Торфяная залежь относится к смешанному типу. Верхняя ее часть мощностью 20-40 см образована верховыми торфами топяного подтипа моховой группы, а нижняя – низинными лесо-топяными торфами древесной группы. Торф характеризуется довольно высокой влажностью – 85-88 %. Степень разложения торфа колеблется от 19 до 39 %, зольность – от 2.2 до 7.0 %, кислотность: pH вод. – от 3.5 до 5.2, pH сол. от 2.3 до 3.9.

Ключевой участок «Кета-Ирбо» (удаленность от источника загрязнений 80 км на юго-восток) расположен в западных отрогах плато Путорана, на границе с низменными озерными равнинами Норильской котловины, в долине р. Кета-Ирбо. Болотообразование здесь протекает в слабопроточных озерных депрессиях и идет по пути заторфовывания их в условиях богатого водно-минерального питания. Торфяники на всю глубину талые. Болотные массивы в основном расположенны в термокарстовых западинах. Микрорельеф таких болот образуют невысокие гряды, занимающие 10 % площади болот и сильнообводненные мочажины – 90 %. Общее покрытие гряд растительностью составляет около 60 %. Древесный ярус на болотах отсутствует. На грядах произрастают карликовая береза, низкорослые ивы, можжевельник, а также осока водяная, сабельник, клюква мелкоплодная. Моховый покров гряд слагают *Sphagnum warnstorfii Russ., Hypnum lindbergii Mitt., Aulacomnium palustre Schwaerg., Tomenthypnum nitens Hedw., Calliergon sarmentosum Wahlenb.*

Проективное покрытие мочажин составляет около 50 %. Травяной покров беден в видовом отношении и представлен в основном осоками, а также шейхцерией и пушицей многоколосковой. Моховый ковер мочажин образуют *Hypnum lindbergii Mitt., Aulacomnium palustre Schwaerg., Tomenthypnum nitens Hedw., Paludella squarrosa (Hedv) Brid., Calliergon sarmentosum Wahlenb., Drepanocladus revolvens (Sw.) Moenk., Drepanocladus exannulatus (Br. Sch. et. Gmb.) Warnst.,* а также в небольших количествах *Sphagnum warnstorfii Russ*.

Несмотря на проникновение промышленных смогов по долине р. Кета-Ирбо, заметных повреждений и признаков угнетения болотной растительности ключевого участка «Кета-Ирбо» не обнаружено.

Мощность торфяной залежи болот ключевого участка «Кета-Ирбо» колеблется от 200 до 300 см. Залежь большей частью образована низинными торфами топяного подтипа – гипновым, осоковым, травяно-гипновым. В основании залежей находится сапропель, что свидетельствует об озерном происхождении болот. Степень разложения торфа невысокая и варьирует от 8.8 до 18 %. Наибольшая величина зольности характерна для поверхностных горизонтов залежи. Это объясняется тем, что торфяники расположены в слабопроточных озерных депрессиях и являются приемниками снежных и дождевых сильно обогащенных мелкоземом осадков с окружающих гор. Высокая зольность торфа придонных горизонтов объясняется большой минерализацией торфа за счет привноса и отложения на дне болот большого количества делювия. Влажность торфов высокая и колеблется от 75.6 до 84.8 %. Кислотность изменяется в следующих пределах: pH вод. – от 5.9 до 5.1; pH сол. – от 4.8 до 4.2.

Ключевой участок «Рыбная» (удаленность от источника загрязнений 45 км на юг) расположен на озерной редколесно-тундрово-болотной ледниковой равнине, по которой потекает р. Рыбная и ее многочисленные притоки. Поверхность

равнины из-за малых уклонов слабо дренирована. Здесь абсолютно доминируют мохово-лишайниковые тундры в сочетании с обширными массивами плоскобугристых болот, в которые вкраплены разрозненные островки березово-лиственничных мохово-лишайниковых редин. Объектом исследований являлось евтрофное осоково-пушицево-гипновое болото**,** расположенное в неглубокой водораздельной депрессии. Питание болота осуществляется водами ручьев, стекающих со склонов Норильских гор, а также атмосферными осадками и водами тающей мерзлоты. Подстилающей породой является оглеенный мелкопылеватый суглинок.

Микрорельеф болота ровный, на его поверхности, на значительном удалении друг от друга расположены плоские торфяные бугры различной формы с минеральным ядром, высотой 1.5-2.0 м. На их долю приходится около 5 % поверхности болота. Нанорельеф образуют мочажины, занимающие 40 % площади и микроповышения, представленные остатками деградированных сфагновых гряд, состоящих из собственно бугра, валиков и пятен «выливания», на долю которых приходится 20 %. Пятна «голого» торфа занимают 10 % поверхности. Остальные 30 % поверхности болота приходится на многочисленные термокарстовые озера, различные по площади и глубине.

Растительный покров болота комплексный, что связано с резким различием условий произрастания на положительных и отрицательных формах нано– и микрорельефа и имеет отчетливые признаки поражения. Приводим описание растительности и визуальную оценку ее пораженности на примере осоково-разнотравно-гипновой группировки*,* доминирующей в мочажинах и лиственничных редин, развитых на торфяных грядах и буграх. Осоково-разнотравно-гипновая растительная группировка образована осоками кругловатой и прямостоячей, пушицей рыжеватой, вейником Лангсдорфа и незамечаемым, хвощом болотным, морошкой, багульником приподнимающимся. Моховый покров в основном представлен гипновыми мхами *Drepanocladus fluitans Warnst., Drepanocladus lycopodioides Warnst.* с вкраплениями *Aulacomium turgidum Schwaegr*. и *Meesea uliginosa Hedw.*

В комплекс сухих деградированных гряд, занимающих около 20 % площади болота, входят сами гряды, пятна «выливания» и окружающие их торфяные валики. Гряды высотой 40 см, шириной – 1.5-2.0, длиной более 20 м заняты единичными сухими мертвыми лиственницами высотой до 1.5 м. Поверхность моховых гряд и бугорков обильно покрыта отмершими стволами и сучьями ив и карликовой березы*,* отбеленными кислотными дождями. Здесь же растут низкорослая (высота 3-5 см) морошка с красно-фиолетовыми листьями и цветущий багульник, у которого отсутствуют вегетативные побеги и листья оранжевого цвета встречаются только на самой вершине куста. Живой моховый покров отсутствует. Вероятно, раньше на месте этой растительной группировки были развиты лишайниково-кустарниковые тундры, т.к. на поверхности деградированного торфа остались пятна от кладоний и цетрарий.

Торфяная залежь болотного массива в долине р. Рыбной маломощная (до 0.5 м) и на всю глубину сложена низинным гипновым и осоковым видами торфа. Влажность торфов составляет 78.5–89.1 %, степень разложения - 3.0-17.0 %. Кислот-

ность торфов варьирует в пределах: pH вод. 3.3–5.8 и pH сол. 3.0–4.6. Торф отличается повышенной зольностью (12.5-36.5 %) и высоким объемным весом (0.45-0.73 г/см^3). На отдельных участках болота он сильно минерализован и зольность его составляет 46.0–62.0 %. Так как болотные воды в тундре и лесотундре из-за низких темпов почвообразования и близкого залегания вечной мерзлоты слабо минерализованы, такая высокая зольность торфа может свидетельствовать о привносе химических элементов воздушным путем.

Таким образом, установлено, что болотные экосистемы, находящиеся на ключевых участках в долинах рек Горбиачин, Тукаланда и Кета-Ирбо мало затронуты аэротехногенными загрязнениями. Об этом свидетельствует богатое видовое разнообразие цветковых растений (около 40 видов) и обилие кустистых и листоватых лишайников (более 16 видов), а также хорошее жизненное состояние растительности болот.

Гидроморфные экосистемы в пределах ключевого участка «Рыбная» находятся в зоне сильного воздействия токсичных выбросов, что привело к почти полному исчезновению зональной растительности и смене естественного ландшафта техногенно трансформированным. Степень покрытия болота растениями и их общее обилие чрезвычайно низкие. Моховый покров является монодоминантным и образован 4 родами, из которых род Drepanocladus образует фон. Из растительного покрова болота полностью выпали лиственница, береза карликовая и тощая. Болотные кустарнички – багульник, кассандра сильно угнетены, имеют распластанную форму куста и почти полное отсутствие вегетативных побегов. Сфагновый покров гряд и мочажин, а также лишайниковый покров полностью деградирован. Торф, слагающий гряды и бугры на болоте, сильно минерализован, засорен древесными остатками, совершенно сухой, имеет слоистую структуру, слабо связан с нижележащими слоями.

Работа выполнена при поддержке и частичном финансировании РФФИ (№ 05-05- 97708).

Литература

1. ГОСТ 28245-89. Торф. Методы определения ботанического состава и степени разложения. Введ. 01.07.90. М., 1989. 9 с. 2. ГОСТ 6801-86. ТОРФ. Метод определения зольности в залежи. Введ. 01.01.87. М., 1986. 4 с. **3.** Пьявченко Н.И. Степень разложения торфа и методы ее определения. Красноярск, 1963. 55 с. **4.** Вадюнина А.Ф., Корчагина З.А. Методы исследования физических свойств почв и грунтов. М., 1973. 400 с. **5.** Скарлыгина-Уфимцева М.Д. Биогеохимические аспекты охраны биосферы // Проблемы охраны окружающей среды. Л., 1980. С. 127-133.

Ecological status of hydromorphic landscapes in cryolite zone of Middle Siberia of Krasnoyarsk kray

L.V. Karpenko

Ecological status, stratigraphy, general technical features of hydromorphic landscapes of forest-tundra and northern taiga of Middle Siberia have been studied on four key sample plots at different distance from industrial pollution source. It was stated that those bog ecosystems at a

large distance from a pollution source are little damaged. However, the bogs at the 40-km distance suffer a great technogenic stress.

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕХАНИЗМА МОДИФИЦИРОВАНИЯ ТОРФА МЕТОДОМ ЭПР

Л.В. Касицкая, Ю.С. Саркисов, Н.П. Горленко

Томский государственный архитектурно-строительный университет

Методом ЭПР показано, что направленное генерирование свободных радикалов при инициировании окислительно-восстановительных процессов в торфосодержащих композициях, проводит к упрочнению первоначальной структуры торфа через деструкцию химических связей с последующим формированием новой пространственной организации.

Известно [1], что органическая часть торфа в значительной степени представлена природными полимерными образованиями. К ним относятся гуминовые вещества, высокомолекулярные спирты и кислоты битумов, целлюлоза, лигнин, полисахариды, гемицеллюлозы и другие. Около 50 % всей органической части торфа составляют низкомолекулярные и высокомолекулярные соединения гуминовых веществ и углеводов, содержащих целый ряд активных функциональных групп [2].

Согласно [3], при высокоскоростном нагреве (700 град/сек) исходного торфа до 220-280°С, наблюдается резкое увеличение концентрации свободных радикалов с различной степенью их стабилизации. Генерирование последних возможно также инициированием окислительно-восстановительных процессов химическими добавками [4].

Торфяная вода содержит ионы переходных металлов, поэтому можно предположить механизм возникновения в торфосодержащих системах свободных радикалов путем протекания окислительно-восстановительных процессов основанных на переходах:

$$Me^{n+} \Leftrightarrows Me^{(n-1)+}.$$

Упрочнение торфосодержащих композиций методом химического генерирования свободных радикалов, в сущности, представляет собой осуществление одного из важнейших принципов физико-химической механики - принципа П.А. Ребиндера: «прочность через разрушение».

Парамагнетизм торфа связывают с внутри- и межмолекулярными взаимодействиями в полимерах с развитой системой сопряженных связей и не связан с образованием обычных свободных радикалов [5]. Однако не исключают возможность образования свободных радикалов, вследствие высокой биохимической и ферментативной активности торфа в сочетании с гидролитическими и окислительно-восстановительными реакциями.

Методика исследований

ЭПР-спектры исходного торфа и композиций на его основе записывались на спектрометре «SE/X-2544» (Польша), в резонаторе которого встроены рубиновые

стержни, выполняющие роль внутреннего эталона. Погрешность метода в определении концентрации парамагнитных центров составляет 3 относ. %. Испытанию на прочность при сжатии по стандартной методике, подвергались образцы, полученные прессованием при нагрузке 30 МПа смеси, содержащей все компоненты.

В качестве исходного сырья использовали торф влажностью 18 % и степенью разложения 15-30 %.

Электрическая проводимость исследуемых суспензий торфяная масса - вода, взятых в соотношении 1:50 по массе, измеряли кондуктометром типа ОК-102/1, предназначенном для определения электрической проводимости жидкостей.

Результаты исследований

При сравнении ЭПР-спектров исследуемого торфа (рис. 1) и смеси состава (масс. %): торф (75), персульфат калия (15), вода (10) (рис. 2), нами зарегистрировано уменьшение первого интенсивного сигнала в 6 раз (с $8.25 \cdot 10^{17}$ сп/см^3 до $1.40 \cdot 10^{17}$ сп/см^3), принадлежащего железу (III) и увеличение второго сигнала в 4 раза (с $1.83 \cdot 10^{17}$ сп/см^3 до $6.72 \cdot 10^{17}$ сп/см^3), принадлежащего углерод-углеродным радикалам [6, 7].

Зависимость концентрации парамагнитных центров от количества введенной добавки персульфата калия проходит через максимум (рис. 3) и согласуется с электрической проводимостью суспензий состава торф, персульфат калия - вода в соотношении 1:1 (рис. 4). Образование радикалов приводит к резкому увеличению проводимости до 10^4 См/м, что свидетельствует об электронном ее механизме.

Изучение кинетики структурообразования прессованных образцов указанного состава показывает, что к 7 суткам в основном завершается процесс формирования структуры твердения, прочность которой составляет 45 МПа. Прочность же композиций контрольного состава: торф (90 масс. %), вода (10 масс. %), в этом же возрасте, равна всего 6 МПа. Выявлено также, что эффективность упрочнения торфосодержащих композиций данным способом уменьшается с увеличением зольности торфа. Так, например торф зольностью 9.0 % образует структуры с прочностью при сжатии 45 МПа, 22.3 % - 28.0 МПа, 36.8 % - 16 МПа.

Распад персульфата калия под влиянием Fe^{3+} протекает следующим образом [4]:

$$K_2S_2O_8 + Fe^{3+} \longrightarrow K_2S_2O_8^{\cdot} + Fe^{2+} + K^+.$$

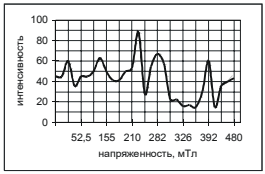


Рис. 1. ЭПР-спектр исходного торфа

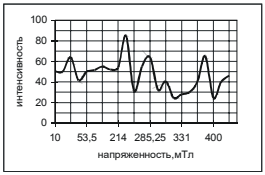


Рис. 2. ЭПР-спектр смеси торфа с персульфатом калия и водой

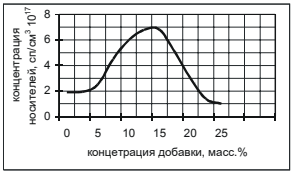


Рис. 3. Зависимость концентрации радикалов от количества вводимой добавки

Более энергично идет процесс с Fe^{2+}:

$$Fe^{2+} + K_2S_2O_8 \longrightarrow SO_4^{2-} + Fe^{3+} + K_2SO_4.$$

Возможно, также образование радикалов в результате взаимодействия персульфата калия с каким-либо восстанавливающим фрагментом органической части торфа:

$$RsOH + K_2S_2O_8 \longrightarrow RsO^{\cdot} + NaHSO_4 + NaSO_4^{\cdot}.$$

Возникновение углерод-углеродных радикалов, вероятно, связано с деструкцией макромолекул органической части торфа в местах с наименее прочными связями, которые, замыкаясь, друг на друге и через катион Fe^{3+} образуют новые более прочные связи, что подтверждается ростом прочности композиций по сравнению с контролем.



Рис. 4. Зависимость электрической проводимости суспензии от концентрации вводимой добавки

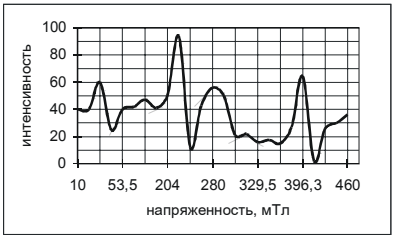


Рис. 5. ЭПР-спектр смеси торфа с гидросульфитом натрия, перекисью водорода и водой

При изучении системы: торф, перекись водорода, гидросульфит натрия, вода наблюдается уменьшение сигналов ионов железа (III) и углерод-углеродных радикалов (рис. 5). Это свидетельствует о том, что генерируемые данной окислительно-восстановительной системой радикалы не обладают достаточной активностью для деструкции макромолекул торфа, замыкаются друг на друге и не способствуют формированию структур твердения высокой прочности (10 МПа). В данной системе возможно протекание самых разнообразных процессов: каталитическое разложение перекиси водорода, взаимодействие её с гидросульфитом натрия, либо с одним из восстанавливающих фрагментов органической части торфа и другие. Однако преимущество будет за следующими процессами [4]:

$$H_2O_2 + NaHSO_3 \longrightarrow HO^{\cdot} + HSO_3^{\cdot} + NaOH,$$

$$H_2O_2 + HO \longrightarrow HO_2^{\cdot} + H_2O,$$

$$HO_2^{\cdot} + Fe^{3+} \longrightarrow Fe^{2+} + O_2 + H^+,$$

$$Fe^{2+} + H_2O_2 \longrightarrow HO^{\cdot} + Fe^{3+} + HO^-,$$

$$Fe^{3+} + H_2O_2 \longrightarrow HO_2^{\cdot} + Fe^{2+} + H^+.$$

Таким образом, направленное генерирование свободных радикалов можно рассматривать как эффективный способ структурирования торфосодержащих композиций.

Литература

1. Базин Е.Т., Копенкин В.Д., Косов В.И. и др. Технический анализ торфа. М., 1992. 430 с. **2.** Дерягин Б.В., Чураев Н.В., Овчаренко Ф.Д. и др. Вода в дисперсных системах. М., 1989. 288 с. **3.** Смольянинов С.И., Маслов С.Г. Термобрикетирование торфа. Томск, 1975. 108 с. **4.** Долгоплоск Б.А., Тинякова Е.И. Генерирование свободных радикалов и их реакции. М., 1982. 252 с. **5.** Попов М.В., Базин Е.Т. Физико-химические методы исследования торфа. Калинин, 1978. 71 с. **6.** Вертц Дж., Болтон Дж. Теория и практическое приложение метода ЭПР. М., 1975. 548 с. **7.** Абрагам А., Блини Б. Электронный парамагнитный резонанс переходных ионов. М., 1973. Т.2. 349 с.

Investigation of mechanism of modification of peat by EPR method

L.V. Kasitskaya, J.S. Sarkisov, N.P. Gorlenko

There has been shown growing durability of the structures peat composition by directed generation of radicals in the system applying EPR method.

ХАРАКТЕРИСТИКА ТАКСОНОМИЧЕСКОГО СОСТАВА МИКРОМИЦЕТНЫХ И ДРОЖЖЕВЫХ СООБЩЕСТВ В ТОРФЯНЫХ ПОЧВАХ РАЗНОГО ГЕНЕЗИСА

А.В. Качалкин[1], И.Ю. Чернов[1], Т.А. Семёнова[2], А.В.Головченко[2]

[1]Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, kachalkin_av@mail.ru

[2]Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН

Изучены численность и таксономический состав мицелиальных и дрожжевых грибов в торфяных почвах разного генезиса - верховых и низинных. Показано, что почвы низинного и верхового типов отличаются по характеру профильного распределения, структуре биомассы и таксономическому составу грибов. В почве низинного типа грибная биомасса представлена в основном спорами, в верховом – мицелием. В составе дрожжевых сообществ черноольшаника – в основном эпифитные, почвенные и эврибионтные виды, а в почве верхового типа наряду с ними – специфический вид верховых болот (Candida paludigena). Показано, что вытяжки их доминирующих на исследованных почвах видов растений ингибируют рост микромицетов и дрожжей. Различия в чувствительности и устойчивости к вытяжкам проявлялось в основном на уровне отдельных штаммов.

Болотные системы представляют важнейший биогеохимический ландшафт для обеспечения устойчивости в биосфере. Изучение грибных сообществ и анализ факторов, влияющих на устойчивость и развитие данных сообществ, является одной из важнейших задач при изучении болотных экосистем. Известно, что грибам принадлежит основная роль в преобразовании органического вещества в почве [1, 2]. Основными факторами, лимитирующими развитие грибов в торфе, по мнению большинства авторов, являются анаэробиоз, низкие температуры, низкая доступность минеральных и органических веществ, наличие ингибирующих фенольных соединений [1, 3-5]. Изучению грибов в торфяных почвах были посвящены многие работы [2, 6-9]. Но на сегодняшний день мало известно о различиях в таксономическом

составе грибных сообществ в разных типах торфяных почв. Изучение в выявление закономерностей в структуре грибных сообществ, связанных с факторами окружающей среды, является сейчас одной из интересных проблем. Известно, что фенольные соединения, содержащиеся в доминирующих болотных видах растений, могут ингибировать рост микроорганизмов [4]. Можно предположить, что ингибируя рост одних видов и стимулируя другие, фенольные и прочие соединения, содержащиеся в растениях, могут оказывать влияние на формирование грибных сообществ.

Методика исследований

Изучаемые болота расположены в Западнодвинском районе Тверской области. Низинное болото представлено черноольшаником крупнотравно-папоротниковым на торфяных почвах. Мощность торфяной залежи 3 м, сложена древесными низинными торфами, степень разложения 38–50 %, pH 6.4–6.6, торфяная толща подстилается суглинками. Почва торфяная низинная типичная высокозольная (торфяная эутрофная).

Верховой торфяник – болотная верховая (торфяная олиготрофная) почва под андромедово-пушицево-сфагновым сосняком. Мощность торфа более 5 м. Степень разложения торфяных почв варьирует от 9 до 42 %, pH 3.0-4.7. Торфяная толща подстилается в различной степени оглеенными песками.

Общую численность и биомассу микроорганизмов определяли прямым методом с использованием люминесцентной микроскопии [10]. Таксономический состав почвенных микромицетов и дрожжей изучали методом посева на среду Чапека и сусло-агар. Выросшие колонии дифференцировали на макроморфологические типы, которые подсчитывали отдельно. Представителей каждого типа выделяли в чистую культуру и идентифицировали до вида по определителям [11-13]. По полученным данным рассчитывали общую численность грибов и дрожжей в КОЕ/г и относительное обилие и встречаемость каждого вида. Для характеристики видового разнообразия использовали индекс Шеннона и показатель выровненности, для сравнения сообществ - коэффициент сходства Серенсена [14]. Статистическую обработку результатов проводили с использованием двухфакторного дисперсионного анализа.

Для определения ингибирующего воздействия веществ, содержащихся во мхе и ольхе, использовали следующие методы: растительный материал растирали в ступке с добавлением этилового спирта в 2-х вариантах: 1:10 при 96 % и 1:3 при 75 % спирте, полученные растворы выдерживали в течение 1 и 2 суток. После выдерживания в течение необходимого времени раствор заливали на заранее заготовленные кружки фильтровальной бумаги диаметром 1 см и оставляли для испарения спирта. В другом варианте измельченный растительный материал заливали кипятком (1:10) и оставляли на сутки, после чего раствор заливали на кружки фильтровальной бумаги. Полученные таким образом кружки раскладывали на чашки Петри, засеянные в тот же день культурами грибов.

Результаты исследований

Результаты исследования численности микромицетов прямым методом показали, что в верховой торфяной почве основные запасы грибной биомассы сосредоточены в очёсе сфагнума. Запасы убывают в 3-5 раз как в живом мхе, так и

торфяных горизонтах. По вертикальной структуре торфяных почв изменяется и биморфологическая структура, т.е. соотношение грибного мицелия и спор. Мицелий доминирует во всех слоях, кроме нижнего, в котором преобладают споры грибов, составляя 2/3 от грибной биомассы (рис. 1).

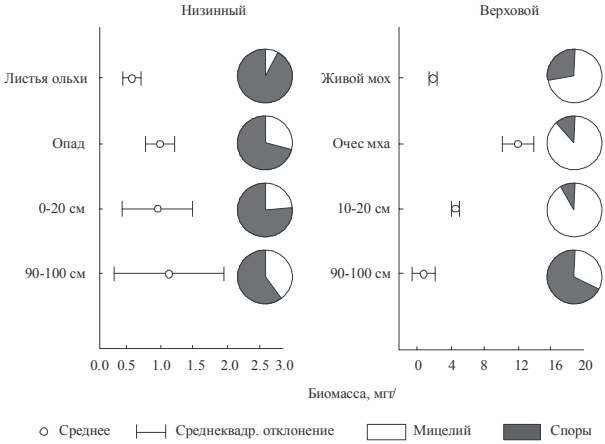


Рис. 1. Биомасса и биоморфологическая структура микромицетного комплекса в низинном и верховом торфяниках

В низинной торфяной почве минимальная биомасса и численность грибов была характерна для живых листьев ольхи. Далее с глубиной средняя биомасса оставалась примерно одинаковой. Общие запасы биомассы были на порядок ниже, чем в верховой почве. По всем слоям преобладали споры и дрожжеподобные клетки над мицелием. В нижнем слое запасы мицелия и спор примерно одинаковы.

Из анализируемых торфяных почв было выделено 53 вида микромицетов, относящихся к 29 родам. Из них 26 видов (14 родов) - из верховой торфяной почвы, 27 видов (17 родов) - из низинной торфяной почвы. Коэффициент сходства Серенсена двух сообществ 0.17. Для двух верхних слоёв почвы верховой торфяной почвы было характерно отсутствие выраженного доминанта среди 20 выделяемых видов. Большинство видов, выделенных из данных горизонтов, относится к типичным видам, встречающимся в лесных подстилках.

По вертикальной структуре торфяных почв и между верховым и низинным типами наблюдалась значительная дифференциация в составе доминирующих видов грибов (табл. 1). В очёсе и, особенно, в слое 4–8 см доминировал *Oidiodendron griseum*. Известно, что грибы данного рода способны к разложению клеток сфагнума [15]. Еще одной особенностью данной почвы является высокое видовое разнообразие рода *Penicillium* и стерильных мицелиев, который в некоторых слоях являлся преобладающим. Некоторые виды имели темноокрашенный мицелий (34 % от общего числа видов) Известно, что пигментированные виды являются более устойчивыми к неблагоприятным факторам [1, 5].

Для верхнего слоя почвы под черноольшаником было характерно доминирование (75 %) типичного эпифита-фитопатогена - *Fusarium sp.*, который не выделялся с живого сфагнума. При переходе к подстилке обилие фузариума падало до 8 %, а в монодоминанты выходил *Cladosporium cladosporioides*, являющийся типичным разлагателем целлюлозы в опаде и подстилках. При переходе к нижним слоям увеличивалось число преобладающих видов. В нижних слоях выделялся *Trichoderma aureoviride* – вид часто обнаруживаемых в торфяных почвах и являющийся антагонистом *Oidiodendron* из-за высокой скорости роста.

К особенностям данной почвы можно отнести относительное преобладание Mycelia sterilia, выделение 3-х видов рода *Trichoderma* и всего 2-х видов *Penicillium*. В данной торфяной почве не был выделен род *Oidiodendron*, доминирующий в верховой торфяной почве.

Для верховой торфяной почвы значения индекса разнообразия Шеннона составляют 0.3–2.3 и, соответственно, выровненность – 0.1–0.7; максимальное разнообразие в очесе и слое 90–100 см, минимальное в слое 4–8 см. Для низинной торфяной почвы значения индекса разнообразия Шеннона и выровненности такие же, как и в верховой, но максимальное разнообразие в опаде и слое 0–20 см, минимальное на живых листьях.

По полученным данным обилия микромицетов в двух торфяных почвах были построены кривые рангового распределения видов, которые соответствовали моделям логарифмического ряда распределения видов. Для данной модели характерно малое число обильных видов и большая доля редких. Такая структура типична для сообществ в экстремальных условиях, лимитированных одним или немногими факторами [14].

Дрожжевое сообщество верховой торфяной почвы характеризуется примерно одинаковым распределением численности по профилю почвы. На всех глубинах численность дрожжей составляла около 10^2 КОЕ/г. Для низинной торфяной почвы была характерна высокая численность дрожжей (до 10^5 КОЕ/г) на живых листьях ольхи и опаде, при переходе к нижним горизонтам почвы численность дрожжей падала до 10^3–10^2 КОЕ/г.

Дрожжи выделялись из всех слоев верховой торфяной почвы (табл. 2). Из очеса сфагнума были выделены только черные дрожжи, из слоя 4–8 см – представители видов *Sporobolomyces roseus* и *Cryptococcus podzolicus*. Вид *Sp. Roseus* относится к типичным фитобионтам [3]. Доминировал в очесе типичный педобионт – *Cryptococcus podzolicus*, характерный для почв подзолистого ряда. При переходе к нижнему горизонту численность *Cryptococcus podzolicus* незначительно снижалась. Из нижнего горизонта выделялся в значительном количестве вид *Candida paludigena*, все известные выделения которого ранее были сделаны также из верховых торфяных почв [7, 8]. Дрожжевое сообщество данной почвы характеризуется низким разнообразием (индекс Шеннона около 1).

Слой живых листьев и опада низинного торфяника характеризуется преобладанием (80 % обилия) типичного эврибионта *Cryptococcus albidus*, который не выделялся из верхового торфяной почвы. Вниз по профилю обилие *Cr. albidus*

Таблица 1

Относительное обилие (%) доминирующих видов мицелиальных грибов в различных субстратах торфяных почв верхового и низинного типов

Вид	Низинный				Верховой			
	Листья ольхи	Опад	0-20 см	90-100 см	Живой мох	Очес	4-8 см	90-100 см
Beauveria sp.			14					
Cladosporium spp.		57	10	14	32			
Exophiala salmons				32				
Fusarium sp.	75							
Oideodendron griseum						38	92	
Penicillium crustorum	16							11
Phialophora gregata				14				
Tilachlidium microsporum						18		
Trichoderma konogii					10			
Trichosporella cerebriformis								16
Verticillium lecanii		24						
Неидентифицированные дрожжеподобные						16		26
Mycelia sterilia			43	14	36			11

резко снижалось. С живых листьев ольхи так же были выделены типичные фитобионты: *Rhodotorula mucilaginosa* и *Rhodotorula sp.*, *Cystofilobasidium infirmominiatum*. В слое 0–20 см преобладал вид *Cryptococcus sp.* и выделялись *Candida sp.*, *Cryptococcus albidus*, *Debaryomyces hansenii*. Из слоя 90–100 см было выделено 2 вида дрожжей: *Cryptococcus albidus* и *Cr. podzolicus*. Данная почва характеризуется очень низким индексом разнообразия Шеннона, с максимальным значением 1.6, и выровненностью 0.1–0.7. Коэффициент сходства Серенсена двух сообществ 0.04.

Таблица 2

Относительное обилие (%) доминирующих видов дрожжевых грибов в различных субстратах торфяных почв верхового и низинного типа

Вид	Низинный			Верховой		
	Листья ольхи	0-20 см	20-100 см	Сфагнум	4-8 см	20-100 см
Aureobasidium pullulans	3			25		
Candida paludigena						34
Candida sp.		53				
Cryptococcus albidus	81	21	5			
Cryptococcus podzolicus			95		89	64
Cryptococcus sp.		25				
Cystofilobasidium infirmominiatum	7					
Debaryomyces hansenii		1				
Rhodotorula mucilaginosa	5					
Rhodotorula sp.	4					
Sporobolomyces roseus					11	1

Проведенный дисперсионный двухфакторный анализ показал, что именно тип биогеоценоза и слой почвы определяют различия между изучаемыми почвами в структуре грибных сообществ.

Таким образом, полученные результаты показали, что грибные сообщества торфяных почв верхового и низинного типов существенно различаются по видовой структуре и характеру распределения видов. Одной из возможных причин таких различий может быть разная устойчивость видов к ингибирующему воздействия веществ, содержащихся во мхе и ольхе. Для проверок чувствительности к спиртовым и водным вытяжкам из сфагнума и ольхи были отобраны виды, относящиеся к наиболее часто встречающимся родам почвенных грибов и выделенные при анализе почв верхового и низинного торфяников (рис. 2): *Penicillium purpurogenum*, *Penicillium variabile*, *Cladosporium sphaerospermum*, *Exophiala jeanselmei*, *Trichoderma aureoviride*, *Debaryomyces hansenii*, *Cryptococcus albidus*, *Cryptococcus podzolicus*, *Rhodotorula mucilaginosa*, *Candida paludigena*.

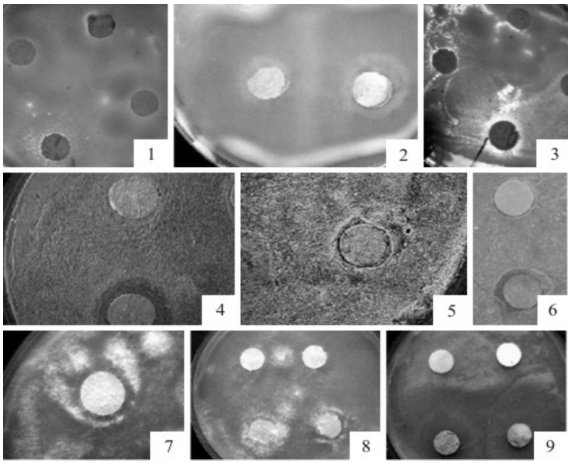


Рис. 2. Фунгистатическое действие различных вариантов вытяжек:
1-3 – Cryptococcus albidus, 4, 5 – Cryptococcus podzolicus, 6 – Candida paludigena, 7, 8 – Trichoderma aureoviride, 9 – Exophiala jeanselmei)

Наиболее устойчивыми к воздействию вытяжек из обоих типов растений оказались виды мицелиальных грибов *Penicillium purpurogenum*, *Penicillium variabile*. Большинство видов грибов оказались чувствительными к вытяжкам из ольхи. Четкую чувствительность к вытяжкам из сфагнума проявил только один вид: *Trichoderma aureoviride*. Большинство дрожжей проявляли высокую чувствительность к вытяжкам из двух типов растений. Устойчивость к действию вытяжки из сфагнума проявил только один вид – *Cryptococcus podzolicus*. Для *Cryptococcus albidus* были выявлены штаммовые различия в реакции на воздействие вытяжки из ольхи. Для видов *Rhodotorula mucilaginosa* и *Trichoderma aureoviride* была отмечена стимуляция

роста на некотором расстоянии от кружка, пропитанного вытяжкой из ольхи. Обработка полученных результатов методом дисперсионного анализа (с факторами «вид растения», «тип вытяжки») показала, что полученные результаты не зависят от типа вытяжки и вида растения. Другими словами, влияние вида растения и способа приготовления экстракта проявляется только на штаммовом уровне.

Было замечено, что при использовании водных вытяжек и посев культур на среду без антибиотика, вокруг кружка пропитанного растительной вытяжкой начинают интенсивно развиваться бактерии (рис. 3). Происходило бактериальное подавление роста грибов, которое выше при вытяжках из черной ольхи, чем из сфагнума. Известно, что биомасса грибов черноольшаника небольшая и находится в виде спор. Бактериального подавления практически не происходило в верховых торфяных почвах, где на живом сфагнуме численность бактерий минимальна, а грибы представлены живым мицелием. Можно предположить, что таксономический состав и численность грибов в исследуемых нами объектах определяется не только выделениями при разложении растений и другими факторами, но и бактериальным сообществом, которое может оказывать фунгицидное или фунгистатическое действие.

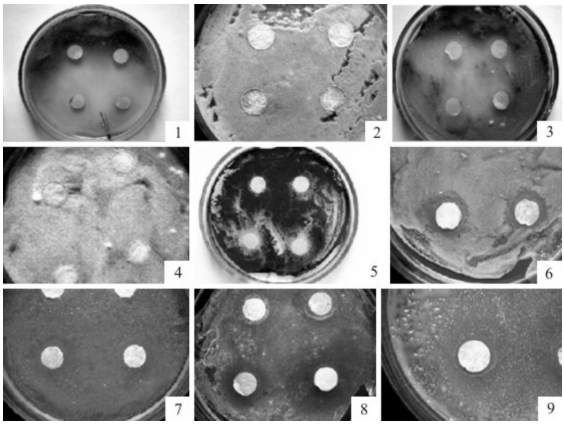


Рис. 3. Фунгистатическое действие вытяжек при отсутствии подавления роста бактерий: 1, 2 – Penicillium variabile; 3, 4 – Penicillium purpurogenum; 1, 3 – без подавления бактерий; 2, 4 – с подавлением бактерий; 5 – Cladosporium sphaerospermum, 6 – Cryptococcus podzolicus, 7 – Rhodotorula mucilaginosa, 8 – Debaryomyces hansenii, 9 – Cryptococcus albidus.

Полученные результаты показывают, что максимальной устойчивостью обладают виды как мицелиальных грибов, так и дрожжей, выделенные из верхних слоёв торфяных почв. Виды мицелиальных грибов, взятые из других почв (*Penicillium variabile*, *Penicillium purpurogenum*) оказались самыми неустойчивыми по сравнению с *Cladosporium sphaerospermum* (представитель данного рода был доминантом в опаде черноольшаника). Виды *Trichoderma aureoviride*, *Exophiala jeanselmei* оказались самыми неустойчивыми из выделяемых из торфяных почв, тем более,

что данные виды присутствовали на глубине. Большинство видов дрожжей оказались не устойчивыми к вытяжкам из ольхи без подавления бактерий, и более устойчивыми к вытяжкам из сфагнума. Максимальной устойчивостью к вытяжкам из ольхи обладал вид *Cryptococcus albidus*, который в большом количестве выделялся из листьев и опада ольхи.

Таким образом, в данной работе был проведен сравнительный анализ видового состава мицелиальных и дрожжевых сообществ грибов верховых и низинных торфяных почв. Было изучено влияния ингибирующего действия экстрактов растений торфяных почв на рост грибов, которое только в некоторой степени может объяснить сильные различия в сообществах грибов изучаемых почв и отсутствие или присутствие тех или иных видов.

Литература

1. Мирчинк Т.Г. Почвенная микология. М., 1988, С. 108–198. **2.** Оразова М.Х., Головченко А.В., Семёнова Т.А. Микромицетный комплекс низинного высокозольного торфяника // Перспективы развития почвенной биологии / Труды Всероссийской конференции. М., 2001. С. 266–272. **3.** Бабьева И.П., Чернов И.Ю. Биология дрожжей. М., 2004. С. 68–115. **4.** Запрометов М.Н. Фенольные соединения: распространение метаболизм и функции в растениях. М., 1993. С. 40–86. **5.** Иванова А.Е., Марфенина О.Е. Влияние экологических факторов на способность к росту фрагментов мицелия и прорастание спор микроскопических грибов // Микробиология. 2001. № 2. Т. 70. С. 235–240. **6.** Головченко А.В., Чернов И. Ю., Семенова Т.А. Сапротрофный микробный комплекс олиготрофных торфяников Западной Сибири // Роль почв в биосфере / Труды института почвоведения МГУ – РАН. Выпуск 4. Почвы и биоразнообразие. Москва-Тула, 2004. С. 144–159. **7.** Голубев В.И., Благодатская В.М., Манукян А.Р., Лисс О.Л. Дрожжевая флора торфов // Изв. АН СССР. Сер биол. 1981. № 2. С. 181–187. **8.** Полякова А.В., Чернов И.Ю., Паников Н.С. Биоразнообразие дрожжей в гидроморфных почвах на примере травяно-сфагнового болота (Западная Сибирь) и кочкарной тундры (Барроу, Аляска) // Микробиология. 2001. Т. 70. № 5. С. 714–720. **9.** Терехова В.А., Семенова Т.А., Тропина О.В. Структуро-функциональные особенности микробиоты некоторых типов почв Северной и Южной Тайги // Роль почв в биосфере / Вып. 4. Почвы и биоразнообразие. Тула, 2002. С. 170–180. **10.** Звягинцев Д.Г. Методы почвенной микробиологии и биохимии. М., 1991. С. 303. **11.** Ellis M.B. Dematiaceous hyphomycetes // Commonwealth Mycological Institute Kew, Surrey, England, 1971. 608 p. **12.** Pitt J.I. A laboratory guide to common Penicillium species // Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization, N.S.W., Australia, 1991. 187 p. **13.** Kurzman C.P., Fell J.W. (Eds.) The Yeasts, a taxonomic study. Fourth revised and enlarged edition. Amsterdam: Elsevier Science B.V. 1998. 1055 p. **14.** Мэгарран Э. Экологическое разнообразие и его измерение. М., 1992. С. 184. **15.** Tsuneda A., Thormann M.N., Currah R.S. Modes of cell-wall degradation of Sphagnum fuscum by Acremonium cf. curvulum and Oidiodendron maius // Canadian Journal of Botany. 2001. Vol. 79. P. 93–100.

Characteristic of the taxonomy structure hyphomycetes and yeast communities in peat soils of different genesis

A.V. Kachalkin, I.Yu. Chernov, T.A. Semyonova, A.V. Golovchenko

In this work study two types peat soils which are taking place in one area. Distinctions are submitted in profile distribution and structure of a fungi biomass in peatlands of

different genesis. In low moor fungi biomass has been submitted basically by spores of fungi, in high moor - mycelium. Investigated peat soils differ on taxonomy structure of hyphomycetes and on spectrum dominants in different layers. In structure of yeast communities low moor - basically epiphytes, soil and eurybiontic species, and in low moor alongside with them - a special species of low moor (Candida paludigena). Influence of extracts on growth hyphomycetes and yeast was at level culture distinctions.

К ВОПРОСУ ИЗУЧЕНИЯ ОЗЕРНЫХ САПРОПЕЛЕЙ ЭВЕНКИИ

Н.Г. Клопотова, Т.А. Пушкарева

НИИ курортологии и физиотерапии ФА ЗСР РФ, г. Томск, prim@niikf.tomsk.ru

В работе приводятся результаты курортологического обследования озёр Тунгусско-Чунского района Эвенкийского АО. Изучение физико-химических, санитарно-микробиологических и других показателей донных отложений озёр позволило выявить перспективные для рекреации объекты.

Вопросы регионального природопользования определяются наличием и степенью изученности ресурсно-сырьевой базы территории. В этом аспекте задачей наших исследований являлось изучение состояния и освоенности рекреационного потенциала Эвенкийского автономного округа и, в частности, обеспеченности лечебными грязевыми ресурсами территории Тунгусско-Чунского района.

В рамках выполнения научной программы на стадии поисково-оценочных работ обследовано шесть водоемов, изучены физико-химические, санитарно-микробиологические показатели донных отложений, их биологическая активность с целью выявления наиболее перспективных месторождений озёрных лечебных грязей.

Географически территория исследуемого района располагается в пределах центральной части Тунгусской впадины. Формирование озер происходит в условиях преобладания гидрокарбонатно-кальциевого класса водной миграции и приурочено, в основном, к бассейну р. Подкаменная Тунгуска. Озёрные осадки данной территории сформировались в условиях континентального климата, непромывного водного режима почв, прилегающих к озерам, ведущего к аккумуляции оснований в поглощающем комплексе.

Методика исследований

В рамках выполнения научной программы на стадии поисково-оценочных работ обследовано шесть водоемов: Кивабо, Мурумо, Ефимково, Оскобское, Голубое, Длинное с целью выявления наиболее перспективных месторождений озёрных лечебных грязей.

Озеро Кивабо расположено в верховьях реки Тычаны, проточное, площадью около 1.0 км^2. Береговая линия сильно изрезана, заболочена. Максимальная глубина воды - 1.4 м (центральная часть), мощность донных отложений - 2.3 м.

Озеро Мурумо расположено в 150 км северо-западнее пос. Ванавара, округлой формы, проточное, площадью около 1.2 км^2. Окружающая территория с при-

знаками заболоченности, береговая линия ровная, южный берег обрывистый. Максимальная глубина озерной воды – 3.0 м, мощность донных отложений – 1.7 м.

Озеро Ефимково расположено между населенными пунктами Оскоба и Сользавод, имеет вытянутую с северо-запада на юго-восток форму, площадью около 0.5 км^2. Окружающий рельеф ровный, с плавным понижением к озёрной котловине. Максимальная глубина озерной воды - 2.1 м, мощность донных отложений до 0.3 м.

Озеро Оскобское расположено на левом берегу р. Подкаменная Тунгуска, в 350 м от её русла, вытянуто в направлении с северо-запада на юго-восток, площадью 0.8 км^2. Береговая линия изрезана, максимальная глубина озерной воды – 2.0 м, мощность донных отложений – 0.5 м.

Озеро Голубое расположено в 1 км от пос. Ванавара, на левом берегу р. Подкаменная Тунгуска. Озеро располагается в границах окружающей заболоченной местности, площадью около 0.1 км^2. Глубина озерной воды не превышает 2.7 м, донные отложения мощностью 0.3 м.

Озеро Длинное расположено в 300 м к юго-востоку от пос. Оскоба, на правом берегу р. Подкаменная Тунгуска, площадью около 0.4 км^2. Максимальная глубина воды 4.5 м, мощность донных отложений до 0.2 м.

Полевые работы и физико-химические исследования донных отложений озёр выполнены согласно [1, 2]. При химическом анализе воды и донных отложений использовались: весовой, титриметрический, фотометрический, потенциометрический и экстракционно-фотоколориметрический методы. Определение биологически активных и токсических микрокомпонентов осуществлялось методом инверсионной вольтамперометрии.

Результаты исследований

Согласно результатам анализов исследованные озерные воды слабоминерализованные (минерализация от 0.1 до 0.2 мг/дм^3), слабокислой реакции среды (pH от 5.9 до 6.7). В ионно-солевом составе вод преобладают гидрокарбонат-ионы, в значительной степени катионы кальция, магния, натрия (табл. 1), из бальнеологически ценных компонентов присутствует метакремниевая кислота (от 8.93 до 22.23 мг/дм^3). Концентрации загрязняющих и токсичных компонентов в исследуемых водах (ионы нитритов, нитратов, фтора) не превышают нормируемых значений для поверхностных вод [4]. Санитарно-бактериологическое состояние озерной воды относительно благополучно.

Несмотря на относительное сходство условий формирования, донные отложения исследуемых водоёмов характеризуются особенностями осадкообразования и, следовательно, обнаруживают различия физико-химических свойств (табл. 2). Внешне они, как правило, темно-бурой окраски, уплотненной консистенции. Высокое содержание органических веществ в составе гидрофильного коллоидного комплекса (Сорг. от 18 до 27 %) характеризует осадки проточных озер Кивабо и Мурумо, куда органическое вещество поступает, в основном, с заболоченных территорий водосбора. В озерах Ефимково и Оскобское содержание органической массы не превышает 14 % (по С орг.). Значительно ниже содержание этого компонента в других исследуемых озерах.

В составе зольной части исследуемых осадков преобладает нерастворимый остаток (до 87 %), оксиды железа (до 6.4 %), алюминия (до 4.6 %), кальция (до 3.4 %), магния (до 2.4 %). Оксидов серы не обнаружено. Грязевые отжимы, выделенные центрифугированием, пресные, по составу гидрокарбонатно-сульфатные кальциево-магниево-натриевые слабокислой реакции среды.

Таблица 1

Химический состав озерной воды

Название озера	Площадь озера, км^2	Высота столба воды, м	Мощность донных отложений, м	Состав озерной воды
Кивабо	1.0	1.4	2.3	HCO_3 88 Cl 12 M 0.2----------pH 6.7 Ca 38 (Na+K) 37 Mg 25
Мурумо	1.2	3.0	1.7	HCO_3 80 Cl 20 M 0.1----------pH 5.9 Mg 40 Ca 30 (Na+K) 30
Ефимково	0.5	2.1	0.3	HCO_3 91 Cl 9 M 0.1 ----------pH 6.5 Ca 55 (Na+K) 36 Mg 9
Оскобское	0.8	2.0	0.5	HCO_3 86 Cl 14 M 0.1 ----------pH 6.3 Ca 73 Mg 21 (Na+K) 7
Голубое	0.1	2.7	0.3	HCO_3 87 Cl 13 M 0.1----------pH 6.4 (Na+K) 47 Ca 40 Mg 13
Длинное	0.4	4.5	0.2	HCO_3 89 Cl 11 M 0.1 ----------pH 6.1 Ca 44 Mg 44 (Na+K) 12

Таблица 2

Основные физико-химические показатели донных отложений

Название озера	Влажность, %	Зольность, %	pH грязи	Минерализация грязевого раствора, г/дм^3	Сорг., % на с.в.	Состав золы, % на с.в.				
						Нераствор. Остаток	Fe_2O_3	Al_2O_3	MgO	CaO
Кивабо	77.9	68.5	7.4	0.4	18.2	83.1	5.9	3.1	1.7	2.3
Мурумо	77.2	52.9	7.0	0.2	27.3	86.8	5.6	4.6	2.0	0.4
Ефимково	68.5	75.2	6.2	0.3	14.4	86.1	6.0	2.6	2.4	2.2
Оскобское	65.5	76.6	6.6	0.7	13.6	82.9	6.4	4.1	1.6	3.4
Голубое	31.5	92.3	6.5	не опр.	0.8	64.5	1.3	0.1	0.8	1.2
Длинное	49.4	82.4	6.3	0.3	10.2	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.

Результаты исследований позволили сделать выводы о том, что донные отложения озёр Кивабо, Мурумо, Ефимково, Оскобское по основным классификационным признакам относятся к группе органических пелоидов - пресноводным бессульфидным сапропелевым лечебным грязям [4]. По санитарно-бактериологическим показателям исследуемые месторождения слабозагрязненные, экологическая

ситуация территории удовлетворительная и донные отложения возможно использовать в лечебных целях без специальной подготовки.

Донные отложения озер Длинное и Голубое представляют собой маломощные глинистые осадки не пригодные для лечебного применения из-за высокой засоренности минеральными включениями, низкого содержания бальнеологически ценных компонентов, невысоких характеристик физико-механических показателей.

Литература

1. Рекомендации по изучению месторождений лечебных грязей / Под ред. В.В. Иванова. М., 1975. 100 с. **2.** Критерии оценки качества лечебных грязей при их разведке, использовании и охране. М., 1987. 40 с. **3.** ГОСТ 17.1.5.02.-80. Гигиенические требования к зонам рекреации водных объектов. Введ. 25.12.80. М., 1981. 6. с. **4.** Классификация минеральных вод и лечебных грязей для целей их сертификации. Методические указания МЗ РФ № 2000/34 / Сост. Адилов В.Б., Бережнов Е.С., Зотова В.И. и др. М., 2000. 75 с.

To the question of studying of lake sapropels of the Evenkiya

N.G. Klopotova, T.A. Pushkareva

In work results treatment inspections of lakes of the Tungussk-Chunsk region of Evenkiya are resulted. Studying of physical and chemical, sanitary-microbiological and other parameters of ground adjournment of lakes has allowed to reveal perspective objects for a recreation.

ТЯЖЕЛЫЕ МЕТАЛЛЫ В ГИДРОМОРФНЫХ ЛАНДШАФТАХ ВОСТОЧНОЙ ОКРАИНЫ ЦЕНТРАЛЬНОГО ФРАНЦУЗСКОГО МАССИВА

О.М. Козаренко

Московский педагогический государственный университет, kozarenko@inbox.ru

В статье дается описание и характеристика торфяников, расположенных в горных массивах в пределах заповедника Ливрадуа-Форе, расположенного на восточной окраине Центрального Французского массива. Приводятся результаты исследований по общим свойствам торфов и по содержанию в них тяжелых металлов. Выделяются геохимические особенности функционирования различных типов болот данного района.

Торфяники Франции занимают достаточно скромное место по отношению к площади страны. Тем не менее, эти территории расцениваются как комплексные экосистемы, имеющие экономическое и научное значение и рассматриваются как национальное достояние страны.

Методика исследований

Полевые исследования по изучению геохимического состава торфа гидроморфных ландшафтов Восточной окраины Центрального Французского массива про-

водились в апреле-мае 2003 года. В качестве объекта исследования были выбраны 4 участка на торфяниках горного массива Мон дю Форе, расположенного на восточной окраине природного заповедника Ливрадуа-Форе на абсолютных отметках, превышающих 1000 метров. Ниже приводится их характеристика.

Район **Эго**. Верховое болото, сформированное в ледниковом цирке на западном склоне гор Мон дю Форе. Абсолютная высота 1400 метров. Болото сформировано на рыхлых выветрелых отложениях, переотложенных в результате солифлюкционных процессов. Их мощность колеблется от 40 см до 4 метров в западинах. Мощность торфа достигает 3.85 м. Из растительности встречаются сфагнум, пушица, осоковые, вереск. Полевая влажность изменяется от 46 % в верхнем слое до 24 % - в нижнем. Для всей толщи торфа величина pH характеризуется как сильнокислая, зольность изменяется от 1.3 до 7.5.

В районе **Пренард** на высоте 1125 м в качестве объекта исследования был выбран плоский низинный торфяник практически в течение всего года покрытый водой. На торфянике широко развит моховый покров. Коренные породы представлены порфировидными гранитами, перекрытыми переотложенной корой выветривания. Полевая влажность изменяется от 27.2 до 47.2 %. В отличие от района Эго, зольность торфа в данном районе на порядок выше (10.0-20.5 %), что возможно связано с процессами заиления данного участка за счет склоновых процессов. Вся торфяная толща характеризуется сильнокислой и кислой реакцией почвенного раствора.

На склонах гор Ле Буа Нуар исследования проводились в районе **Этюи** на абсолютной высоте 1140 м. Основанием данной территории служит гранитный массив. Объектом изучения было верховое болото, которое в процессе своего развития, за счет нарастания торфа, поднялось над гипсометрическим уровнем данного участка на 6 метров (мощность торфа достигает 6.4 м). В настоящее время болото находится в стадии постепенного зарастания лесом. В его пределах встречаются отдельно стоящие сосны и березы. Представителями травяного яруса являются вереск, пушица, клюква, черника. Из мхов встречаются сфагнум и кукушкин лен. Уровень грунтовых вод расположен на глубине 20 см. Для образцов данного участка отмечены более низкие показатели полевой влажности по сравнению с районами Пренард и Этюи (7.0-18.0 %). Отличительной особенностью, по сравнению с другими районами, является также низкий процент зольности торфа, не достигающей в нижней части профиля и 1 %. По всему профилю отмечена сильно кислая реакция торфа.

Помимо торфяников, сформировавшихся в результате природных процессов, проводилось изучение верхового болота в районе **Совазу**, образовавшееся при подтоплении от построенной в 8 веке до н.э. плотины. Мощность торфяника достигает 60 см. В основании его лежат рыхлые отложения небольшой мощности светло-коричневого цвета с включениями обломков гранита. Присутствие песчаных зерен в торфяном профиле обусловило, очевидно, повышенную зольность торфов, достигающую в верхнем горизонте 52 %. Полевая влажность достигает 40 %. Реакция среды кислая.

В полевых условиях образцы отбирались методом каротирования до глубины 120 см.

Анализы выполнялись в геохимической лаборатории кафедры геологии и геохимии ландшафта МПГУ. В сухом веществе торфа проводилось определение тяжелых металлов (Cu, Pb, Mn, Zn) и железа. Определения проводились на атомно-абсорбционном спектрофотометре СПЕКТР 5-3. В обоих случаях делалась вытяжка с раствором 1.0 н HC1. Определение железа осуществлялось сульфосалициловым методом на спектрофотометре KFK- 3.

Результаты исследований

Рассмотрим содержание тяжелых металлов в торфах. Для всех изученных участков наиболее высокие содержания свинца отмечены в верхних слоях торфа. Для участков Эго и Пренард это глубина до 10 см от поверхности, для Этюи – до 18 см. Во всех случаях концентрации металла в нижней части разреза уменьшаются на порядок (табл. 1). Для района Пренард эта тенденция отмечается с глубины 30 см, Этюи - с 18 см. При этом здесь в слое 11-18 см отмечены максимальные концентрации этого элемента, по сравнению со всеми изученными образцами (83.46 мг/кг). Для района Эго порядок значений меняется уже на глубине 8 см, и именно здесь отмечаются самые низкие концентрации металла в нижней части торфяной толщи. Более чем в 4 раза понижены концентрации свинца в нижнем слое торфяника антропогенного происхождения района Совазу с глубины 26 см.

Таблица 1

Агрохимические свойства и концентрация тяжелых металлов в торфяниках

Район	Глубина, см	Зольность, %	pH	Cu	Pb	Mn	Zn	Fe
				мг/кг с.в. торфа				
Пренард	4-8	10.0	4.6	2.68	26.62	30.08	31.53	8000
	8-21	11.3	4.4	1.92	16.88	5.58	7.48	2575
	21-31	11.2	4.7	2.57	18.28	12.50	13.56	4500
	31-65	20.5	4.0	1.96	5.61	17.63	4.24	5500
	65-90	20.5	4.6	2.46	7.77	36.38	3.24	5750
	90-120	11.5	4.8	2.49	15.10	78.74	2.37	8500
Этюи	5-11	2.7	3.7	2.84	59.92	5.38	37.47	1333
	11-18	7.7	4.1	2.95	83.46	3.41	33.68	800
	18-78	0.9	3.3	0.82	7.00	2.80	5.43	350
	78-100	0.9	3.3	0.86	7.93	2.47	4.07	432
	100-120	0.6	3.40	0.66	8.56	1.90	4.36	475
Эго	0-8	4.3	3.9	2.03	46.11	3.67	38.82	1350
	8-15	7.5	3.65	0.50	2.59	0.68	2.92	800
	15-39	3.4	3.6	0.60	9.97	0.82	6.08	700
	39-60	1.4	3.3	0.47	3.79	0.71	2.22	725
	60-105	1.3	3.4	0.27	1.25	0.61	3.21	800
	105-120	1.6	3.35	0.38	1.99	0.85	2.43	825
Совазу	4-26	52.0	4.45	9.57	39.70	17.97	23.69	9000
	26-50	27.0	4.75	3.23	8.55	7.25	6.59	1000

Концентрации подвижных соединений меди в сухом веществе торфа варьируют от 0.27 до 2.84 мг/кг в образцах торфяников природного происхождения. В то же время распределение металла в профиле имеет свои особенности для каждого из районов. Самые низкие концентрации металла отмечены для торфа района Эго (ме-

нее 1 мг/кг). Распределение металла по слоям достаточно монотонно. Для торфяника аналогичного происхождения района Этюи отмечены повышенные концентрации меди в верхних слоях. Торфа района Пренард характеризуются более высокими абсолютными концентрациями меди (1-2 мг/кг) по отношению к выше названным районам, что может быть связано с высокой зольностью торфов. Распределение по профилю этого металла остается достаточно равномерным. Концентрации меди в торфянике района Совазу, имеющего антропогенное происхождение, сильно отличаются от своих природных аналогов. Именно здесь отмечается максимальное содержание металла – 9.57 мг/кг среди всех изученных образцов. Низкие концентрации металла в верховых торфяниках районов Эго и Этюи можно объяснить большой подвижностью меди по сравнению с евтрофными болотами, так как ее основная часть в торфе связана с гуминовыми и фульвокислотами [1, 2].

Концентрации подвижного цинка в торфяниках района Мон де Форе варьируют от 2.37 до 38.8 мг/кг. Во всех изученных профилях были обнаружены повышенные концентрации цинка в верхних слоях залежи (18-30 см). Верхние слои торфяника в районе Совазу характеризуются меньшими концентрациями цинка по сравнению с природными торфяниками.

Самые низкие значения марганца были обнаружены в торфянике района Эго. Их абсолютные показатели не достигают 1мг/кг за исключением слоя 0-8 см, содержание марганца в котором увеличивается до 3.67 мг/кг. Торфяник района Этюи характеризуется более высокими концентрациями марганца (1.90-5.38 мг/кг) по сравнению с районом Эго. Следует отметить, что концентрации марганца закономерно уменьшаются вниз по профилю. Высокое содержание марганца обнаружено в торфянике низинного болота района Пренард, в 10 раз превышающие значения для торфов района Эго. В данном случае установлены две особенности в распределении металла в слоях торфяной толщи: аккумуляция марганца в верхнем и придонном слоях торфяника.

При анализе разреза торфяника района Пренард, обнаружено, что распределение марганца и железа совпадает по профилю, что возможно связано с изменением окислительно-восстановительных условий. Высокая подвижность этих металлов приводит к вымыванию данных элементов с глубины 10-20 см. Увеличение содержания этих металлов вниз по профилю может быть связано с привнесением их с грунтовыми водами. Для районов Этюи и Эго динамика железа по профилю достаточно стабильна, за исключением некоторых незначительных колебаний концентраций в верхнем слое.

Обобщая полученные результаты по содержанию изученных металлов торфяниках, следует отметить следующее:

1. В распределении всех металлов в торфяной толще верховых болот отмечается резкая контрастность между верхними слоями торфа и нижними. Верхние слои характеризуются более высокими концентрациями элементов и большим диапазоном колебания концентраций от слоя к слою.

2. Для района Пренард (низинное болото) отмечены более высокие, по сравнению с другими разрезами торфа, концентрации марганца и железа. Выявлены об-

щие черты в распределении по профилю этих элементов, что позволило говорить об их ассоциации.

3. Для торфяника района Совазу, возникшего в результате антропогенной деятельности человека, отмечены повышенные концентрации меди и железа, по сравнению торфяниками природного происхождения.

4. Сравнение изученных концентраций металлов в торфах в изученных регионах Франции, с результатами по содержанию микроэлементов в торфах Европейской части России [1] показали следующее: средние концентрации меди, марганца и цинка для верховых болот в районе Центрального Французского массива практически в два раза ниже, чем для болот аналогичного типа Европейской части России. Исключение составляет свинец, концентрации которого более, чем в 5 раз выше в пределах изученных участков Франции.

Для оценки концентрацию металлов в пределах изученных толщ торфяников были рассчитаны кларки концентрации (КК) по отношению к местным почвообразующим породам (табл. 2).

Таблица 2

Кларки концентрации металлов в торфяниках Центрального Французского массива

Район	Глубина, см	металлы			
		Cu	Pb	Mn	Zn
Пренард	0-8	9.24	5.58	1.11	11.30
	8-21	6.62	3.54	0.20	1.60
	21-31	8.86	3.83	0.45	4.86
	31-65	6.75	1.18	0.63	1.52
	65-90	8.48	1.63	1.31	1.16
Этюи	5-11	3.38	2.25	0.12	5.20
	11-18	3.51	3.13	0.08	4.68
	18-78	0.98	0.26	0.06	0.75
	78-100	1.02	0.30	0.06	0.97
	100-120	0.78	0.32	0.04	0.60
Эго	0-8	4.61	15.52	0.19	6.85
	8-15	1.14	0.87	0.30	0.51
	15-39	1.36	3.36	0.04	1.03
	39-60	1.07	1.28	0.04	0.39
	60-105	0.61	0.42	0.03	0.57
	105-120	0.86	0.67	0.04	0.43

При сопоставлении КК по всем районам установлено, что в торфянике района Пренард (низинное болото) происходит существенное накопление всех изученных элементов по сравнению с почвообразующими породами. Особенно это относится к меди, содержание которой в торфянике в 9 раз выше. Для торфяника района Этюи в верхних горизонтах торфяного разреза (0-18 см) в среднем в 3 раза накапливается больше меди свинца и цинка, по сравнению с почвообразующими породами. Глубже 18 см все слои торфяника уступают содержанию тяжелых ме-

таллов почвообразующей породы. Для района Эго повышенные КК для меди, цинка и особенно свинца отмечаются в самом верхнем слое торфяника. Также как и для района Этюи здесь не отмечено накопление марганца. Обобщая анализ КК следует отметить, что для меди в 88 % случаев отмечаются значения выше кларковых в почвообразующих породах, для свинца - в 64 %, для цинка и марганца - в 52 % и 17 % соответственно.

Для выявления особенностей миграции металлов из автоморфных ландшафтов в гидроморфные были рассчитаны коэффициенты ландшафтной дифференциации (Ks), которые представляют собой отношение содержания металла в верхнем слое торфа к его содержанию в верхней части (лесной подстилке) охро-подзолистых почв. Для района Пренард расчет данных коэффициентов производился по отношению к двух верхним толщам торфа, залегающим на глубине соответственно 0-8 см и 8-21 см. В результате было установлено, что в самой верхней толще торфа, по сравнению с лесной подстилкой, происходит: 1) энергичная аккумуляция железа $3<Ks<10$ в верхнем слое торфа по отношению к лесной подстилке; 2) активная аккумуляция свинца $1<Ks<3$; 3) аккумуляция марганца $0.2<Ks<2$. В целом содержания меди и цинка в автоморфных и гидроморфных ландшафтах района Пренард близки с несколько большей концентрацией этих элементов в лесной подстилке автономных ландшафтов. Для Района Этюи отмечается накопление в слое торфа 5-11 см свинца, цинка и особенно железа, по сравнению с автоморфными почвами. Отмечено, что именно для этого района различия в концентрациях свинца между гидроморфными и автоморфными условиями более контрастны, по сравнению с районом Пренард.

Литература

1. Крештапова В.Н. Методические рекомендации по оценке содержания микроэлементов в торфяных месторождениях Европейской части РСФСР. М., 1974. 200 с. **2.** Kreshtapova Vera N. Traces elements in peat soils and peat landscapes of the european Russia. Moscow, 1993. 45 p.

Heavy metals in hydromorphic landscapes of eastern districts of The Central French Massif

O.M. Kozarenko

A description and a characteristic of peatbogs situated in mountain rages within the territory of reserve Livradois-Forez on the eastern outskirts of the Central French Massif is given in this article. The results of research on general qualities of peatbogs and on the content of heavy meals in them are also introduced here. Geochemical features of functioning for different types of bogs of this area are marked out.

ПРОДУКТИВНОСТЬ ПЛОСКОБУГРИСТОГО БОЛОТА В СЕВЕРНОЙ ТАЙГЕ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

Н.Г. Коронатова

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

В северной тайге Западной Сибири на плоскобугристом болоте определялись запасы разных фракций надземного, подземного растительного вещества и первичная продукция (надземная, продукция мхов, подземная). На болоте ярко выражена гетерогенность пространственного распределения растительности, что отразилось в полученных значениях запасов и продукции. Наиболее благоприятные условия для растений складываются на кочке, о чем свидетельствуют высокие значения запасов живой фитомассы и продукции. Наименьшие значения живой фитомассы получены для мочажины, наименьшие значения продукции – для межкочья.

В настоящее время болота Западной Сибири привлекают внимание исследователей в плане изучения их роли в глобальном цикле углерода. Углерод углекислого газа атмосферы в процессе фотосинтеза аккумулируется в тканях растений. Одна из составляющих интенсивности этого процесса – это величина первичной продукции, а запас растительного вещества является одним из важнейших блоков круговорота углерода. Известно, что на территории северной тайги Западной Сибири болота занимают площадь 22600 км^2, где аккумулировано 10.2 гт органического углерода [1]. Район нашего исследования приурочен к центральной части Сибирских Увалов, где торфяными болотами покрыто около 40 % территории [2].

Целью нашего исследования являлась количественная оценка запасов разных фракций растительного вещества и первичной продукции плоскобугристого болота в северной тайге Западной Сибири.

Методика исследований

Для оценки продуктивности северо-таежных болот в центральной части Сибирских Увалов было выбрано типичное для этой подзоны плоскобугристое болото со сфагновыми мочажинами. Микрорельеф бугров включает два компонента: кочки и межкочья.

На буграх проективное покрытие лишайников (*Cladina rangiferina (L.) Harm., Cl. stellaris (Opiz) Brodo, Cl. sp., Cetraria sp.*) составило 60 %; мхов (*Sphagnum fuscum (Schimp.) Klinggr*.) 40 %. Покрытие кустарничков составило около 70 %: *Ledum palustre L.* (50 %), *Betula nana L*. (10 %), а также *Chamaedaphne calyculata (L.) Moench, Andromeda polifolia L. и Oxycoccus microcarpus Turcz. ex Rupr*. Травянистые растения представлены морошкой *(Rubus chamaemorus L.)* и покрывают 5-10 % площади. Здесь также произрастают кедр сибирский *(Pinus sibirica Du Tour)* и сосна обыкновенная *(Pinus sylvestris L.)*.

Мочажина лимозово-сфагновая. Проективное покрытие *Sphagnum balticum (Russ.) Russ. ex C. Jens*. 85 %, *Dicranum sp*. 15 %; *Carex limosa L.* 25-30 %, *Scheuchzeria palustris L.* 5 %, *Andromeda polifolia L.* 5 %.

В июле, августе и сентябре 2000-2001 гг. отдельно на кочках, в межкочье и в мочажинах пробы надземной фитомассы отбирались с площадок размером 25х25 см в пятикратной повторности. Пробы подземной фитомасы размером 1 дм^3 брались на глубине 0-10, 10-20 и 20-30 см также в пятикратной повторности. В мочажине пробы брались до глубины 20 см, и лишь одна проба была взята до глубины 30 см, в которой запас живых и мертвых органов сосудистых растений оказался минимален.

Надземная продукция сосудистых растений определялась по общепринятой методике [3-5], продукция мхов по морфологическим признакам [6], подземная продукция - методом определения годовых приростов подземных органов [7, 8].

Таблица 1

Средние значения запасов разных фракций растительного вещества, г/м^2

Фракции растительного вещества		Кочка	Межкочье	Мочажина
Надземное растительное вещество:				
травы		17±4	5±3	16±2
кустарнички		293±64	34±10	9±4
ветошь+подстилка		68±21	25±7	18±4
всего		378	64	43
Приземное растительное вещество:				
лишайник живой		552±130	1235±160	0
мох живой		217±70	10±6	296±65
всего		769	1245	296
Подземное растительное вещество:				
подземные органы сосудистых растений, см:	0-10	656±167	265±59	374±64
	10-20	1740±270	515±113	478±127
	20-30	863±182	195±51	18*
мохово-лишайниковый очес, см:	0-10	1859±293	1634±205	3098±809
	10-20	3913±465	6659±719	5784±808
	20-30	5920±678	11308±1169	32696*
мертвые остатки сосудистых растений, см:	0-10	271±58	156±32	261±65
	10-20	334±52	308±51	351±93
	20-30	526±82	217±35	228*
всего		16082	21257	10346
Всего живой фитомассы		4338	2259	1191
Всего мортмассы		12891	20307	42436
Всего растительного вещества		17229	22566	43627

Примечание: * - определение в одной повторности.

Таблица 2

Чистая первичная продукция, г/м^2 в год

Продукция	Бугор			Мочажина
	Кочка	Межкочье	Среднее на площадь	
Надземная	102±32	29±21	47	18±2
Продукция мхов	308±70	-	77	159±121
Подземная	1362±481	218±47	504	489±90
Сумма	1772	247	628	667

Результаты исследований

В распределении запасов надземного растительного вещества прослеживаются следующие тенденции (табл. 1). Запасы разных фракций снижаются в ряду кочка – межкочье – мочажина. Исключение составила фракция трав, запас которой минимален в межкочье. На буграх наибольшая доля приходится на фракцию кустарничков, в мочажине – на долю трав. Лишайники отсутствуют в мочажине, а их максимальный запас отмечен в межкочье. Запас живого мха максимален в мочажине, а в межкочье его мало вплоть до отсутствия.

Запас живых подземных органов сосудистых растений, который состоит в основном из органов кустарничков, максимален в слое торфа 10-20 см. На всех трех позициях значительно увеличивается запас мохово-лишайникового очеса с глубиной в связи с увеличением его плотности. Запас мертвых подземных органов на кочках увеличивается с глубиной, а в межкочье и мочажине максимален в слое 10-20 см, что отражает разные условия для разложения растительных остатков на разных позициях микрорельефа. В слое 20-30 см происходит снижение всех фракций растительного вещества, за исключением мохово-лишайникового очеса. В ряду кочка – межкочье – мочажина запас живой фитомассы уменьшается, а мортмассы – увеличивается.

Данные о чистой первичной продукции на данном болоте приведены в таблице 2. Основной вклад в формирование первичной продукции принадлежит подземной продукции сосудистых растений, а минимальная доля - надземной продукции сосудистых растений. Значение надземной продукции уменьшается в 5 раз от кочки к мочажине. Продукция мхов превышает надземную продукцию и максимальна на кочке. Подземная продукция на бугре и в мочажине имеет сходное значение. Для сравнения, по данным Н.П. Косых [7] в данном регионе на буграх продукция составляет 560 г/м^2 в год, в мочажинах - 354 г/м^2 в год.

Таким образом, от кочки к мочажине доля мортмассы возрастает, а доля живой фитомассы уменьшается. При этом суммарная продукция сосудистых растений и мхов имеет сходное значение на бугре и в мочажине.

Литература

1. Yefremov S.P, Yefremova T.T. Present stocks of peat and organic carbon in bog ecosystems of West Siberia // Carbon storage and atmospheric exchange by West Siberian peatlands / W. Bleuten, E.D. Lapshina (eds.). Tomsk, 2001. P. 73-78. **2.** Мульдияров Е.Я., Лапшина Е.Д., Кременецкий К., Переводчиков Е.В. История развития и строение торфяных залежей болот северной тайги Западной Сибири // Торфяники Западной Сибири и цикл углерода: прошлое и настоящее / Материалы междунар. полевого симпозиума. Новосибирск, 2001. С. 41-44. **3.** Андреяшкина Н.И., Горчаковский П.Л. Продуктивность кустарниковых, кустарничковых и травяных сообществ лесотундры и методика ее оценки // Экология. 1972. № 3. С. 5-12. **4.** Родин Л.Е., Ремезов Н.П., Базилевич Н.И. Методические указания к изучению динамики и биологического круговорота в фитоценозах. Л., 1968. 144 с. **5.** Титлянова А.А. Биологический круговорот углерода в травяных биогеоценозах. Новосибирск, 1977. 224 с. **6.** Мульдияров Е.Я., Лапшина Е.Д. Датировка верхних слоев торфяной залежи, используемой для изучения космических аэрозолей // Метеоритные и метеорные исследования. Новосибирск, 1983. С. 75-84. **7.** Косых Н.П. Болотные экосистемы таежной зоны Западной Сибири: фитомасса и про-

дукция. Автореф. дисс. ... канд. биол. наук. Томск, 2003. 24 с. **8.** Косых Н.П., Миронычева-Токарева Н.П., Блойтен В. Продуктивность болот южной тайги Западной Сибири // Вестник ТГУ. Сер. Биологические науки. 2003. № 7. С. 142-152.

Productivity of the plateau-palsa bog in northern taiga of the Western Siberia

N.G. Koronatova

At plateau-palsa bog situated in northern taiga of Western Siberia stocks of different fractions of above-ground, below-ground plant mass and primary production (above-ground, production of mosses, below-ground) were defined. Heterogeneity of spatial distribution of vegetation at the palsa influenced to the obtained values of stocks and production. Better conditions for plants were on hummocks to what high values of alive phytomass stocks and production testify. The least values of alive phytomass were obtained for hollows, the least values of production – for interhummocks.

ЧИСТАЯ ПЕРВИЧНАЯ ПРОДУКЦИЯ БОЛОТ СЕВЕРА ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

Н.П. Косых, Н.П. Миронычева-Токарева

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

Продуктивность экосистем на болотах определяется растительным сообществом, водно-минеральным питанием, топографией и климатическими условиями. Запасы живой фитомассы могут варьировать от 700 до 3300 г/м^2. Минимум отмечается в экосистемах олиготрофных мочажин. С увеличением трофности, запасы фитомассы в мезотрофных экосистемах увеличиваются до 1800 г/м^2. Максимума запасы достигают в экосистемах бугров на кочках в лесотундре. Чистая первичная продукция изменяется от 300 до 1000 г/м^2 в год и имеет тенденцию к увеличению с севера на юг Западной Сибири.

Запасы фитомассы болотных экосистем зависят от доминирующих видов в сообществе, их жизненной формы (травы, кустарнички, мхи и лишайники), проективного покрытия и их габитуса. В болотных экосистемах, с доминированием травянистой растительности проявляется почти прямая количественная зависимость чистой первичной продукции от запасов живой фитомассы. В экосистемах с доминированием кустарничков и кустарников зависимость несколько меняется, из-за вклада многолетних частей. Целью данной работы было выявить закономерности распределения запасов фитомассы и чистой первичной продукции в зависимости от водно-минерального питания, топографии экосистемы и климата.

Методика исследований

Районы исследований расположены в лесотундре – водораздел рек Надыма и Ныда, недалеко от Пангоды, в северной тайге – центральная часть Сибирских Увалов – водораздел рек Пякупура и Айваседапура, рядом с г. Ноябрьск; в средней тайге – междуречье рек Оби и Ваха, около г. Нижневартовска. Ключевые участки –

болотные массивы репрезентативны для болот Западной Сибири и включают в себя основные типы болот зоны лесотундры, подзоны северной и средней тайги. На ключевых участках были выбраны пробные площади (п.п.), представляющие основные типы болот зоны лесотундры: п.п. 1 - бугристое болото «Пангода» с доминированием на буграх *Ledum decumbens (Ait.) Lodd. ex Steud., Cladina rangiferina (L.) Harm.* (кочки), *Vaccinium vitis-idaea L., Sphagnum jensenii H. Lindb. (*межкочья) и в мочажинах - *Carex globularis L., Sphagnum balticum (Russ.) Russ. ex C.Jens.*; п.п. 2 - мелкобугристое болото, где доминантами выступают *Ledum palustre L., Cladina stellaris (Opiz) Brodo* на кочках и *Carex limosa L., Sphagnum fallax (Klinggr.) Klinggr.* в олиготрофных мочажинах; подзона северной тайги: п.п. 3 - плоскобугристое «Тету-Мамонтотяй» с доминантами из *Ledum decumbens (Ait.) Lodd. ex Steud., Sphagnum fuscum (Schimp.) Klinggr., Cladina stellaris (Opiz) Brodo* на мерзлых буграх и *Carex limosa L., Sphagnum lindbergii Schimp. ex Lindb.*; п.п. 4 - озерково-грядово-мочажинное болото, где доминантами выступают *Ledum palustre L., S. fuscum (Schimp.) Klinggr.,* на грядах и *Carex rostrata Stokes, Sphagnum majus (Russ.) C. Jens.* в мезотрофной мочажине; п.п. 5 - долинное болото (*Eriophorum polystachyon L., Sphagnum riparium Aongst.)*; подзоны средней тайги: п.п. 6 - выпуклое олиготрофное «Савкино» с доминированием *Ledum palustre L., Oxycoccus microcarpus Turcz. ex Rupr., S. fuscum (Schimp.) Klinggr.* на грядах, *Carex limosa L.,, S. balticum* в мочажинах грядово-мочажинного комплекса, *Ledum palustre L.,, Andromeda polifolia L., S. fuscum (Schimp.) Klinggr.* в рямах и *Carex rostrata, S.fallax* в мезотрофной мочажине; п.п. 7 - переходное мезотрофное болото с доминированием *Carex lasiocarpa Ehrh., Chamaedaphne calyculata (L.) Moench, Equisetum fluviatile L, Sphagnum majus (Russ.) C. Jens., S. subsecundum Nees ex Sturm*.

Чистая первичная продукция (NPP) определялась как сумма надземной (ANP), приземной (ANP мхов и лишайников) и подземной (BNP) продукций. Надземная продукция трав (ANPт) определялась по максимальной фитомассе за сезон, продукция кустарничков – как годовой прирост веток кустарничков, с расположенными на них листьями. Прирост мхов и подземная продукция определяется разработанными методами [1, 2].

Результаты исследований

В экосистемах болот лесотундры NPP изменяется от 300 до 630 г/м^2 в год и определяется растительным сообществом, топографией (табл.). В олиготрофных мочажинах более 50 % в продукцию вносят мхи. На повышенных элементах рельефа - буграх, вклад кустарничков в подземную продукцию корней приводит к повышению общей продукции. Разные доминанты, формирующие микрорельеф бугров (кочки и межкочья), изменяют запасы фитомассы, но значение продукции близки. Отношение надземной продукции к подземной равно 0.2.

В северной тайги продукция в среднем изменяется от 350 до 960 г/м^2 в год и определяется трофностью экосистемы. На высоких элементах рельефа - гряды и мерзлые бугры - продукция составляет 560-580 г/м^2 в год.

На грядах надземные части растений, среди которых доминируют кустарнички, дают до 30 % от общей суммы годового прироста. Вклад подземных органов в общую продукцию достигает 40 %. Отношение надземной продукции (травы и кустарнички) к подземной, в которой доминируют корни кустарничков, равняется 0.6, а на мерзлых буграх – 0.3.

Запасы фитомассы (г/м²) и чистой первичной продукции (г/м² год) в болотных экосистемах

Экосистема	Фито-масса	ANP				BNP	NPP
		травы	кустар-нички	мхи и лишайники	всего		
Лесотундра мелкобугристое болото							
бугор	1530	21	44	158	223	304	527
олиготрофная мочажина	872	28	4	162	194	193	387
бугристое болото «Пангода»							
бугор (кочка)	3240	24	61	130	215	411	626
бугор (межкочье)	1507	30	27	130	187	394	581
олиготрофная мочажина	803	3	2	182	187	113	300
Северная тайга грядово-мочажинный комплекс (аапа)							
гряда	2064	7	129	278	414	239	653
мезотрофная мочажина	1339	73	6	217	296	405	701
плоскобугристое болото							
бугор	1460	12	58	198	268	293	561
олиготрофная мочажина	769	15	0	196	211	143	354
долинное болото							
мезотрофная мочажина	1274	65	24	236	325	634	959
Средняя тайга олиготрофное выпуклое грядово-мочажинное болото							
рям	1524	7	103	310		217	668
гряда	1386	8	74	268	350	207	557
мезотрофная мочажина	1748	59	125	246	430	357	887
олиготрофная мочажина	970	25	9	268	302	198	500
мезотрофное болото							
мезотрофная мочажина	2556	32	129	351	512	332	844

Примечание: NPP - чистая первичная продукция; ANP –надземная; BNP – подземная.

Наиболее продуктивными (700-960г/м² в год) являются экосистемы мезотрофных мочажин и болот в долинах рек. Наибольший вклад в прирост фитомассы в этих экосистемах вносят подземные органы крупных осок и пушиц. Подземная продукция достигает 400-630 г/м² в год, что составляет 58-66 % от всей продукции в мезотрофных мочажинах и долинных болотах. Вклад мхов в общую продукцию снижается до 30 и 25 % соответственно. На последнем месте по своей величине стоит надземная продукция трав и кустарничков: около 10 % в мезотрофных мо-

чажинах и 3 % в долинном болоте. Это наиболее типичная структура годичного прироста для мезотрофных болот. Подземная продукция трав превышает надземную в 5 раз в мезотрофной мочажине и 10 раз в долинном болоте.

В экосистемах олиготрофных мочажин особое место занимают мхи, которые создают больше 50 % общей продукции. Вклад подземных органов в общую продукцию не превышает 140 г/м^2 в год, что составляет 40 % от общей продукции. Множество стрессовых факторов (бедность среды обитания, недостаток кислорода в связи с сильной обводненностью) приводят к тому, что в этих экосистемах отношение подземной фитомассы трав к надземной достигает 9.5.

В экосистемах болот подзоны средней тайги продукция варьирует от 500 до 850 г/м^2 в год. Наиболее продуктивными в средней тайге являются мезотрофные мочажины и болота (850 г/м^2 в год). В этих экосистемах в формирование общей продукции равную долю (40 %) вносят подземные органы трав и мхи. Надземная продукция трав и кустарничков не превышает 20 %.

В экосистемах рямов и олиготрофных мочажин доминантами продукционного процесса выступают сфагновые мхи. Их прирост преобладает в общей продукции экосистем. Самая низкая продукция фитомассы наблюдается в олиготрофных мочажинах. В экосистемах гряд на верховом болоте в результате поверхностного стока формируются бедные и непродуктивные экосистемы, продукция которых не превышает 560 г/м^2 в год.

На основании вышеизложенного выявлено, что запасы фитомассы составляют 800-3240 г/м^2 в зоне лесотундры, 770–2400 г/м^2 в подзоне северной и 970–2560 г/м^2 средней тайги. Продукция экосистем изменяется от 300 до 630 г/м^2 в год в зоне лесотундры, 350 до 960 г/м^2 в год в подзоне северной и от 500 до 850 г/м^2 в год в средней тайге. При недостаточном водно-минеральном питании развиваются экосистемы с олиготрофным типом растительности, для которых характерны малый запас фитомассы и низкая продукция. В экосистемах мезотрофных болот отмечаются максимальные запасы и высокая продукция. На повышенных элементах рельефа в экосистемах гряд, бугров и рямов развиваются средние по запасам и продукции сообщества с преобладанием кустарничковой растительности. Подземная продукция в большинстве случаев является главной составляющей NPP. В олиготрофных мочажинах вклад мхов в NPP превышает 50 % во всех зонах. В целом с севера на юг повышается величина NPP. Таким образом, рельеф наряду с климатическими условиями, водно-минеральным питанием и составом растительного сообщества диктует величину и структуру продукции в болотных экосистемах.

Работа выполнена в рамках проекта INTAS-03-51-6294.

Литература

1. Мульдияров Е.Я., Лапшина Е.Д. Датировка верхних слоев торфяной залежи, используемой для изучения космических аэрозолей // Метеоритные и метеорные исследования. Новосибирск, 1983. С. 75-84. **2.** Косых Н.П., Миронычева-Токарева Н.П., Блейтен В. Продуктивность болот южной тайги Западной Сибири // Вестник ТГУ. 2003. № 7. С. 142-153.

Net primary production of bog in the north of Western Siberia

N.P. Kosykh, N.P. Mironycheva-Tokareva

Productivity of bog ecosystems is determined by plant community, water-mineral nutrition, topography and climatic conditions. Stocks of live phytomass vary from 700 up to 3300 g·m^{-2}. The minimum value is obtained in oligotrophic hollow ecosystems. Increasing of mineral nutrition leads to increasing stocks of phytomass in mesotrophic ecosystems up to 1800 g·m^{-2}. Stocks get a maximum value in hummock palsa ecosystems in forest-tundra. Net primary production varies from 300 up to 1000 g·m^{-2} year^{-1} and tends to increase from the north to the south of Western Siberia.

ВЛИЯНИЕ ГУМИНОВЫХ СТИМУЛЯТОРОВ ИЗ ТОРФА НА НАЧАЛЬНЫЙ РОСТ ХЛОПКА

А.В. Кравец

Сибирский НИИ торфа СО РАСХН, г. Томск, sibniit@tomsknet.ru

Исследовали влияние препаратов гуминовой природы из торфа (гумат натрия, оксидат) на начальный рост семян хлопчатника. В результате проведенных исследований было показано, что хлопок положительно реагирует на применение гуминовых стимуляторов роста растений на основе торфа. Предварительно можно рекомендовать предпосевное 24-часовое замачивание семян хлопка в растворе гумата натрия (0.05 %) и в растворе оксидата (0.001 %).

Хлопчатник – одна из древнейших культур, которую возделывали еще за 2.5 тыс. лет до н. э. В России, как и в Европе, хлопок стали возделывать более 400 лет тому назад, в Астраханской области. С 1954 г. хлопководство в СССР было полностью передислоцировано в республики Средней Азии, а после распада СССР Россия осталась без собственного сырья. В настоящее время в Северной Осетии предпринимаются попытки возрождения отечественного хлопководства, для чего, прежде всего, необходим подбор раннеспелых сортов с высокими показателями урожайности хлопка-сырца и современные технологии их выращивания. Одним из важных элементов технологии является предпосевная обработка семян, способствующая ускорению появления всходов и сокращению периода вегетации растений [1].

Попытки использования стимуляторов роста для хлопчатника предпринимали и раньше, в том числе и гуминовые стимуляторы роста растений. Так Ф.Г. Вафина и Л.А. Христева [2] изучали действие на хлопчатник гуминовых стимуляторов из бурого угля. Исследования показали, что под действием стимуляторов увеличился рост растений на 3-8 см. Препараты увеличили синтез хлорофилла и образование моно- и дисахаридов в листьях растений. В полевых опытах стимуляторы увеличили общую урожайность на 12.7-16.1 %. Исследователи из Башкирии [3] изучали действие препарата ГУМИ (гумат натрия из молодых бурых углей) и показали, что замачивание семян хлопчатника дает прибавку 2.1 ц/га, опрыскивание в начальный период вегетации - от 1.5 до 5 ц/га. Применение ГУМИ позволяет повысить урожайность на 10-25 %, срок созревания уменьшить на 12-15 дней.

Нами была поставлена цель: исследовать влияние препаратов гуминовой природы из торфа (гумат натрия, оксидат) на начальный рост семян хлопчатника. Для достижения этой цели необходимо было решить следующие задачи: 1) отработать методики определения всхожести семян хлопчатника; 2) установить стимулирующее действие препаратов гуминовой природы из торфа (гумат натрия, оксидат) на начальный рост хлопка.

Методика исследований

В проведенных исследованиях использовали препараты гумат натрия из торфа (ТУ 0392-001-00493924-94) и оксидат из торфа (ТУ 88 БССР 135-88, действующее вещество гумат аммония), полученные на опытной установке Сибирского НИИ торфа. Всхожесть семян определяли по [4], который предполагает проращивание семян хлопка во влажном песке при температуре 25±2єС в течение 5 дней. Отработана методика на опыте сравнения по времени замачивания семян: 24-часовое и 1-часовое. После 5-суточного проращивания в термостате с ежедневной доливкой водой по весу, измеряли длину корешка в мм. В каждом варианте было 2 повторности семян по 100 шт. Был использован также ГОСТ [5] согласно которому семена проращивали между слоями фильтровальной бумаги в рулонах. После выращивания растений в течение 10 суток проростки разделяли на корешок и зеленую часть, высушивали при температуре 105єС в течение 3 часов и взвешивали. Количество семян в одном варианте 100 шт. В опытах использовали опушенные семена хлопчатника неизвестного сорта.

Результаты исследований

Одним из биологических показателей, наиболее полно характеризующих полноценность семян и жизнеспособность растений, является интенсивность начального роста семян. Между интенсивностью начального роста семян и продуктивностью растений существует прямая зависимость. Этим положением и обусловлено воздействие стимуляторов из торфа на семена хлопчатника и наблюдение за изменениями в начальный период роста растений.

Известно, что перед посевом семена хлопка замачивают в воде в течение 8-10 часов [6], 10-20 часов [7], либо 24-36 часов [8]. Для замачивания семян нормируется количество воды от 660 л до 500-800 л на 1т семян. Мы использовали норму расхода воды 600 л на 1 т семян и время замачивания 24 часа. В методическом эксперименте было обосновано длительное замачивание, так как увеличилась всхожесть на 13 % и практически вдвое увеличилась длина корешка.

В дальнейших экспериментах было показано, что в довольно широком диапазоне концентраций гумат и оксидат не увеличивают лабораторную всхожесть семян хлопка, оставляя ее в пределах допустимых отклонений. Некоторые из исследованных концентраций препаратов увеличивают длину корешка, но эти отличия не достоверны, хотя тенденция к стимулированию роста корешка имеется (табл. 1).

Таблица 1

Влияние 24-часового замачивания семян в растворах гумата натрия и оксидата на всхожесть и длину корешка проростков хлопка

Препарат	Концентрация, %	Всхожесть, %	Длина корешка	
			мм	%
Контроль (вода)	0	85	не опр.	не опр.
Гумат натрия	1.50	79	не опр.	не опр.
	1.25	78	не опр.	не опр.
	1.00	75	не опр.	не опр.
	0.75	79	не опр.	не опр.
	0.50	83	не опр.	не опр.
	0.25	84	не опр.	не опр.
Контроль (вода)	0	87	54.45	100
Гумат натрия	0.1	86	48.69	89
	0.05	88	48.89	90
	0.01	86	49.21	90
	0.0005	83	54.35	100
	0.0001	83	58.59	108
	0.000025	90	52.89	97
Контроль (вода)	0	93	50.89	100
Оксидат	0.005	81	44.87	88
	0.001	87	46.39	91
	0.0005	83	55.02	108
	0.0001	85	55.18	108
	0.00005	85	43.55	86
	0.00001	83	47.62	94

Следует заметить, что использованные в экспериментах семена хлопка значительно заражены бактериальными, грибными, возможно и вирусными инфекциями. По-видимому, это результат неправильного хранения и отсутствия предобработки семян. В опытах с рулонным проращиванием через 10 дней наблюдалась значительная гибель растений. Это грибные инфекции и корневые гнили с не установленным источником заражения. Поэтому, результаты, представленные в таблицах 1 и 2 можно считать лишь предварительными.

Данные таблицы 2 свидетельствуют о положительном влиянии гумата натрия на прирост сухой зеленой массы проростков. Такой прирост в зависимости от концентрации препарата составляет от 9 до 57 %. Однако, стимуляции роста корней не наблюдалось. При воздействии оксидатом разных концентраций наблюдался прирост как зеленой, так и корневой массы. Прирост сухой зеленой массы составил от 10 до 15 %, сухой корневой массы от 9 до 32 %. Причем, оксидат в концентрации 0.001% показал прирост и по зеленой, и по корневой массе. Действие гумата аммония является более мягким, физиологичным для растений по сравнению с гуматом натрия. Существует мнение, что гуматы аммония имеют более высокую биологическую активность по сравнению с торфяными и буроугольными гуматами натрия и калия. Повышенная биологическая активность гуматов аммония позволяет применять их в концентрациях на 1-3 порядка ниже, чем гуматы натрия или натрия [9].

Таблица 2

Влияние замачивания (24 ч) семян в растворах гумата натрия и оксидата на начальный рост хлопка

Препарат	Концентрация, %	Сухая зеленая масса 3 шт. проростков		Сухая корневая масса 3 шт. проростков	
		г	%	г	%
Гумат натрия					
Контроль	0	0.1134	100	0.01505	100
Гумат натрия	1.50	0.1231	109	0.01430	95
	1.25	0.1259	111	0.00950	63
	1.00	0.1640	145	0.01425	95
	0.75	0.1256	111	0.00925	62
	0.50	0.1448	128	0.00970	65
	0.25	0.1347	119	0.01065	71
	0.10	0.1427	126	0.00920	61
	0.05	1.1777	157	0.01370	91
	0.01	0.1203	106	0.01665	111
$НСР_{05}$			5		6
Оксидат					
Контроль	0	0.12547	100	0.01450	100
Оксидат	0.1	0.13767	110	0.01243	86
	0.05	0.14118	113	0.01362	94
	0.01	0.11828	94	0.01208	83
	0.005	0.13035	104	0.01165	80
	0.001	0.14438	115	0.01915	132
	0.0005	0.12102	97	0.01573	109
	0.0001	0.13540	108	0.01442	99
	0.00005	0.10815	86	0.01153	80
	0.00001	0.13122	105	0.01122	77
$НСР_{05}$			23		31

Другим положительным моментом в отношении предпочтительного применения гумата аммония является тот факт, что применение гумата натрия нежелательно на засоленных почвах, которых много в южных регионах. Применение гумата натрия может усугубить ситуацию с засолением почв.

В результате проведенных исследований было показано, что хлопок положительно реагирует на применение гуминовых стимуляторов роста растений на основе торфа. Предварительно можно рекомендовать предпосевное 24-часовое замачивание семян хлопка в растворе гумата натрия (0.05 %) и в растворе оксидата (0.001 %). Исследования необходимо продолжить в полевых условиях.

Литература

1. Басаев Б.Б., Бекузарова С.А., Фарниев А.Т. Возрождение хлопководства в Северной Осетии // Земледелие. 2003. № 3. С. 26-27. **2.** Вафина Ф.Г., Христева Л.А. Влияние стимуляторов роста и комплексных гуминовых удобрений на жизнедеятельность тонковолокнистого хлопчатника // Гуминовые удобрения. Теория и практика их применения. Днепропетровск, 1973. Т. 4. С.258-264. **3.** Защитно-стимулирующие и адаптогенные свойства препарата ГУМИ – биоактивированной формы гуминовых кислот. Эффективность его использования в сельском хозяйстве. Уфа, 2000. 102 с. **4.** ГОСТ 21820.1-76. Семена хлопчатника. Метод определения всхожести. Введ. 01.07.77. М., 1976. 10 с. **5.** ГОСТ 12038-84. Семена сельскохозяй-

ственных культур. Методы определения всхожести. Введ. 01.07.86. М., 1985. 58 с. **6.** Губанов Я.В. и др. Технические культуры. М., 1986. 287 с. **7.** Основы земледелия и растениеводства. М., 1972. 344 с. **8.** Вавилов П.П. и др. Растениеводство. М., 1979. 519 с. **9.** Зубкова Ю.Н., Бутюгин А.В., Антонова А.Л., Рыктор И.Л. Буроугольные гуминовые препараты // Материалы 1-ой Междунар. конф. "Дождевые черви и плодородие почв". Владимир, 2002. С. 163-164.

Influence humic stimulators from peat on initial growth of the cotton

A.V. Kravets

Investigated influence of preparations humic nature from peat (humate sodium, oxidate) on initial growth of seeds of a cotton. As a result of the carried out researches it was shown, that the cotton positively reacts to application humic stimulators of a growth plants on the basis of peat. It is preliminary possible to recommend preseeding 24-hour soaking of seeds of a cotton in a solution humic sodium (0.05 %) and in a solution oxidate (0.001 %). Researches are necessary for continuing in field conditions.

ВЛИЯНИЕ ТОРФО-МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ НА СОДЕРЖАНИЕ И ДИНАМИКУ НАКОПЛЕНИЯ МИНЕРАЛЬНОГО АЗОТА В ПОЧВЕ

А.Н. Мармулев, Л.А. Демина

Новосибирский государственный аграрный университет, agro@mail.nsau.edu.ru

В ходе проведенных исследований установлено положительное действие применения торфо-минеральных удобрений на содержание и накопление минерального азота в почве. Изучено совместное внесение в смеси с торфом аммонийной селитры и мочевины на фоне фосфорно-калийных удобрений, и аммофоса на фоне калийного удобрения. По результатам эксперимента больший эффект наблюдается при применении смеси торфа с аммофосом.

Воспроизводство органического вещества и его основного компонента гумуса – считается одной из ключевых проблем в отечественном земледелии [1]. В ее решении, как правило, основная роль отводится применению органических удобрений в количествах, необходимых для поддержания, как минимум, бездефицитного баланса гумуса в почвах. Результаты многочисленных научных исследований и многолетний производственный опыт убедительно показали, что применение различных видов органических удобрений, в том числе и торфа, значительно повышает плодородие почв, улучшают ее водно-физические и физико-химические свойства, повышают запасы гумуса и, следовательно, урожайность сельскохозяйственных культур.

Следует отметить, что Западная Сибирь является уникальным регионом по масштабам торфонакопления. Здесь сосредоточено свыше 30 % мировых и около 65 % торфяных ресурсов страны [2]. Общий запас торфа в РФ составляет 166.9 млрд. т [3]. Такой запас позволяет использовать торфа, как для промышленной переработки, так и для получения на его основе различных удобрений.

Известно, что невысокая эффективность торфа как удобрения в чистом виде обусловлена весьма ограниченной минерализацией его азотсодержащих соединений и низкими запасами фосфора и калия. Для повышения эффективности торф следует применять в виде смесей с минеральными компонентами. Теоретической основой этому служит предположение об активизации в таких условиях процессов минерализации органического вещества торфа, в результате чего должно ускоряться высвобождение из него питательных элементов, прежде всего азота [4]. В поставленных нами опытах рассматривается влияние торфо-минеральных удобрений на содержание подвижных форм минерального азота на темно-серой лесной почве.

Методика исследований

Исследования проводили на опытном поле НГАУ (Сад Мичуринцев) в вегетационный период 2004 года. Почва опытного участка (пахотный горизонт) весной характеризовалась слабокислой реакцией среды (pH вод – 6.3) и имела следующие агрохимические показатели: содержание гумуса – 3.2 %, низкое содержание подвижных форм нитратного азота – 2.27; аммонийного азота – 1.22; повышенное содержание фосфора и калия (по Чирикову) соответственно – 18.69 и 10.4 мг/100 г сухой почвы.

В опыте применяли разные виды минеральных удобрений и низинный торф влажностью 61 %. Торф имел слабокислую реакцию среды (pHсол – 5.05), высокое содержание азота: аммонийного – 309.9, нитратного – 13.24 мг/100 г сухого торфа; незначительное фосфора и калия – 17.98 и 8.79 мг/100 г сухого торфа соответственно. На его основе готовили торфо-минеральные удобрения в виде смеси в лабораторных условиях. Все удобрения вносили весной в пахотный слой почвы перед посевом.

Опыт включал 7 вариантов и проводился в 4-х кратной повторности с площадью опытных делянок 1 м^2.

Схема опыта: 1) Контроль (без удобрений); 2) $N_{30}P_{45}K_{45}$ (аммиачная селитра, двойной суперфосфат, хлористый калий); 3) торф + $N_{30}P_{45}K_{45}$ (аммиачная селитра, двойной суперфосфат, хлористый калий); 4) торф + $N_{30}P_{45}K_{45}$ (мочевина, двойной суперфосфат, хлористый калий); 5) торф + $N_{30}P_{45}K_{45}$ (аммофос + аммиачная селитра, хлористый калий); 6) торф + $N_{60}P_{90}K_{90}$ (аммиачная селитра, двойной суперфосфат, хлористый калий); 7) торф (вносили из расчета 60 т/га).

Опытные делянки засевались овсом, который выращивали на зеленую массу. Уборку проводили в фазу молочной спелости овса.

Опыт сопровождался отбором почвенных образцов по периодам роста и развития овса и анализом образцов в агрохимической лаборатории.

Результаты исследований

В ходе проведенных исследований установлено, что на вариантах с применением удобрений почва обогащалась аммонийным азотом, и растения овса могли им питаться в полной мере. Как видно из представленной таблицы 1 содержание аммонийного азота было выше на вариантах с применением торфа и торфо-минеральных смесей, особенно в первую половину вегетации.

Таблица 1

Содержание аммонийного азота, мг/100 г сухой почвы

Вариант	Слой почвы, см	Фенологические фазы роста и развития овса			
		Кущение	Трубкование	Выметывание	Молочная спелость
1. Контроль	0-20	1.80	2.24	0.73	0.96
	20-40	2.18	1.80	0.53	0.77
2. $N_{30}P_{45}K_{45}$ (ам. селитра)	0-20	2.36	2.10	0.76	1.24
	20-40	2.61	2.00	0.68	1.03
3. Торф + $N_{30}P_{45}K_{45}$ (ам. селитра)	0-20	2.62	2.16	0.60	1.25
	20-40	1.81	1.81	0.49	0.91
4. Торф + $N_{30}P_{45}K_{45}$ (мочевина)	0-20	2.59	2.83	0.57	1.26
	20-40	2.51	2.13	0.60	1.02
5. Торф + $N_{30}P_{45}K_{45}$ (аммофос + ам. селитра)	0-20	3.01	2.59	0.76	1.23
	20-40	2.56	2.38	0.58	1.00
6. Торф + $N_{60}P_{90}K_{90}$ (ам. селитра)	0-20	2.56	1.91	0.73	1.15
	20-40	1.93	2.45	0.68	0.89
7. Торф	0-20	2.60	2.19	0.65	1.18
	20-40	2.32	2.10	0.52	1.28

Варианты с применением мочевины с суперфосфатом и аммонийной селитрой с аммофосом показывают лучший результат. Содержание аммонийного азота на этих вариантах немного выше, чем на остальных на протяжении всего периода вегетации и особенно в первую половину. Так, например, содержание аммония на вариантах с использованием аммонийной селитры с аммофосом выше в 1.2-1.3 раза, чем на контроле.

Таблица 2

Содержание нитратного азота, мг/100 г сухой почвы

Вариант	Слой почвы, см	Фенологические фазы роста и развития овса			
		Кущение	Трубкование	Выметывание	Молочная спелость
1. Контроль	0-20	1.32	0.11	0.52	0.35
	20-40	2.17	0.23	0.41	0.71
2. $N_{30}P_{45}K_{45}$ (ам. селитра)	0-20	2.35	0.13	0.38	0.62
	20-40	2.3	0.26	0.55	0.77
3. Торф + $N_{30}P_{45}K_{45}$ (ам. селитра)	0-20	0.84	0.11	0.46	0.62
	20-40	1.37	0.15	0.69	0.5
4. Торф + $N_{30}P_{45}K_{45}$ (мочевина)	0-20	1.13	0.09	0.43	0.71
	20-40	1.55	0.14	0.91	0.96
5. Торф + $N_{30}P_{45}K_{45}$ (аммофос + ам. селитра)	0-20	1.77	0.3	1.53	0.79
	20-40	1.33	0.36	0.67	1.43
6. Торф + $N_{60}P_{90}K_{90}$ (ам. селитра)	0-20	4.34	0.13	0.78	0.64
	20-40	3.09	0.36	1.36	1.6
7. Торф	0-20	1.53	0.11	0.42	0.35
	20-40	2.68	0.12	0.48	0.88

Таблица 3

Содержание нитратного азота к уборке, мг/100 г сухой почвы

Вариант	Слой почвы, см				
	0-20	20–40	40–60	60-80	80-100
1. Контроль	0.35	0.71	0.74	0.61	0.62
2. $N_{30}P_{45}K_{45}$ (ам. селитра)	0.62	0.77	0.55	0.47	0.57
3. Торф+ $N_{30}P_{45}K_{45}$ (ам. селитра)	0.62	0.50	0.47	0.66	0.87
4. Торф+ $N_{30}P_{45}K_{45}$ (мочевина)	0.70	0.96	0.92	0.71	0.78
5. Торф + $N_{30}P_{45}K_{45}$ (аммофос+ам. селитра)	0.79	1.43	1.14	1.27	1.50
6. Торф + $N_{60}P_{90}K_{90}$ (ам. селитра)	0.64	1.6	1.15	1.01	1.61
7. Торф	0.35	0.88	0.64	0.54	0.65

В содержании нитратного азота не все варианты с применением удобрений показали хороший результат, особенно в первую половину вегетации овса. По результатам агрохимических исследований, приведенных в таблице 2, варианты с использованием аммонийной селитры и мочевины с суперфосфатом показали самый низкий результат. Так, на контрольном варианте (без применения удобрений), содержание нитратного азота было выше на 0.2-0.4 мг/100 г сухой почвы в фазу кущения овса. А в сравнении с другими вариантами содержание нитратов было ниже на 0.4-3.5 мг/100 г. Это связано, по-видимому, с медленным высвобождением аммония из мочевины и образованием нитратного азота в процессе нитрификации.

Как видно из таблицы 3 к уборке содержание нитратов стало выровненным по вариантам с применением минеральных удобрений и торфосмесей. Лучший результат в накоплении нитратного азота показал вариант с применением аммонийной селитры в сочетании с аммофосом. Здесь содержание выше контрольного в 1.3-3 раза в течение лета.

Отмечается высокое содержание нитратов в пахотном слое в фазу кущения на варианте с удвоенной дозой минеральных компонентов в торфосмеси, которое составило 4.34 и 3.09 мг/100 г сухой почвы (см. табл. 2). Но вследствие миграции нитратов вниз по профилю с током воды содержание нитратов в последующих фазах в пахотном слое не высокое и от содержания на других вариантах с применением удобрений существенно не отличалось. Но при исследовании почвы на глубину 100 см здесь к уборке наблюдается высокое содержание нитратного азота в слое 20-100 см, вследствие опять же миграции нитратов, но уже вверх по профилю с током воды (испарением). Так, на этом варианте, а также на варианте с использованием аммонийной селитры в сочетании с аммофосом, содержание нитратного азота в слое 20-100 см выше в 1.5-2 раза, чем на других.

По исследованию почвы на метровую глубину сосредоточение нитратов происходит в основном в слое 20-40 см и 80-100 см. Таким образом, наблюдается незначительная миграция нитратного азота вниз по профилю, даже на вариантах с применением торфо-минеральных смесей.

Результаты наших исследований позволяют сделать вывод, что в год применения торфо-минеральных удобрений (первый год действия) в пахотном слое почвы содержание аммонийного азота выше на вариантах с их применением. Особенно этот показатель выше в 1.3-1.7 раз на вариантах, где применяли в качестве минеральных компонентов мочевину и аммофос. А по содержанию нитратного азота положительный результат наблюдается не на всех вариантах с применением торфосмесей. Лучший результат прослеживается на варианте с использованием аммофоса с аммонийной селитрой, на котором содержание нитратов выше в 1.3-3 раза по сравнению с его содержанием на контроле и несколько выше, чем на других вариантах.

Литература

1. Кирюшин В.Н., Шарков И.Н. Методологическая концепция решения проблемы гумуса в интенсивном земледелии // Почвенно-климатические ресурсы интенсификации и их использование в земледелии / Сб. науч. тр. / РАСХН Сиб. отд-ние. Новосибирск, 1992. С. 22-35. **2.** Марков В.Д. Торфяные ресурсы Сибири и Дальнего Востока и перспективы развития геологоразведочных работ // Проблемы использования торфяных ресурсов Сибири и Дальнего Востока в сельском хозяйстве. Новосибирск, 1983. С. 8-9. **3.** Концепция рационального использования ресурсов России (проект). Томск, 2003. С. 60. **4.** Органические удобрения в интенсивном земледелии / Под ред. В.Г. Минеева. М., 1984. 303 с.

The influence of peat mineral fertilizers on the content and dynamics of mineral nitrogen accumulation in soil

A.N. Marmulev, L.A. Demina

In conducted experiments the positive effect of peat-mineral fertilizers on the content and dynamics of mineral nitrogen accumulation in soil is established. The peat application together with ammonium nitrate and urea under phosphorus-potassium fertilizers, and ammophose under potassium fertilizer is studied. According with experiment results the best effect is observed under the application of mixture of peat and ammophose.

НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ТОРФОМИНЕРАЛЬНЫХ КОМПОЗИЦИЙ

О.С. Мисников, А.Е. Тимофеев

Тверской государственный технический университет, misolg@mail.ru

В статье приводится обзор работ по физико-химическим основам получения и использования материалов на основе торфоминеральных композиций. Отмечены три основных направления: топливо и энергетика, экологическое и сельскохозяйственное использование и получение новых видов строительных материалов. Установлено, что применение природных каталитических систем в композиционном твердом топливе позволяет существенно увеличить эффективность его применения в качестве сырья для газогенерации (пиролиза). Добавки глинистых материалов увеличивают гидрофильность сорбентов на основе тор-

фа без существенного снижения емкости поглощения. Модификация строительных материалов торфяными органическими гидрофобизаторами значительно повышает их водоотталкивающие характеристики без изменения других свойств.

Разработка торфяных месторождений и создание новых торфоперерабатывающих технологий всегда сопряжена с необходимостью выработки комплексного подхода к производству продукции на основе торфа, который бы учитывал специфику этого биогенного ресурса. Более того, зачастую под слоем торфяной залежи находятся месторождения сапропелей различной степени минерализации, глинистых мергелей, глин и другого минерального сырья. Как правило, эти полезные ископаемые не добываются, из-за отсутствия реальных направлений их использования. Справедливости ради нужно отметить, что проблемы добычи и переработки сапропелей периодически поднимаются в научно-технических публикациях. Но по другим попутно залегающим с торфом материалам исследований проводится очень мало. В основном они связаны с проблемой восстановления болот и решением экологических проблем на выработанных производственных площадях.

В настоящей работе предлагается обзор результатов исследований по некоторым перспективным направлениям в переработке торфа, а также приведены новые подходы к решению проблемы использования минеральных ресурсов, в том числе и находящихся под слоем торфяной залежи.

В существующих технологиях получения формованной (методом экструзии или окатывания) продукции на основе торфа сталкиваются с определенными проблемами. В традиционных способах для формования торфомассы необходимо обеспечивать высокую начальную относительную влажность сырья (примерно 82…86 %), а готовая продукция (кусковой торф, гранулы и т.п.) имеет влажность примерно 40…45 %. Следовательно, вода, выполняющая вспомогательную функцию при осуществлении процесса формования, должна быть удалена. При полевой сушке торфа эта проблема решается довольно просто, а в заводских условиях такая операция сопряжена со значительными энергетическими затратами.

На протяжении последних десятилетий потребление торфа для энергетики Российской Федерации заметно снижалось. Но в настоящее время наблюдается некоторое увеличение потребления формованного твердого топлива на основе торфа в жилищно-коммунальном хозяйстве. В работах [1, 2] была обоснована возможность существенного повышения теплоты сгорания газа с одновременным снижением температуры газогенерации при использовании различных типов каталитических систем. Однако увеличение себестоимости таких процессов пока не позволяет широко их применять в промышленности. В сложившихся в настоящее время экономических условиях пока возможно их использование только в высокотехнологичных производствах. Поэтому необходима разработка дешевых каталитических систем, а также поиск материалов, которые могли бы их заменить. Такими материалами могут являться различные глины, глинистые мергеля, минерализованные илы и виды минерального сырья. Основное условие эффективности их использования в процессах каталитической конверсии – наличие в их составе d-элементов VIII группы Периодической системы, а также высокая удельная поверхность, определяющая доступность активных центров.

Эксперименты по газификации торфоминеральных композиций (низинный торф с каолиновой глиной или глинистым мергелем), показали значительное повышение теплотворной способности горючего газа при низкотемпературной (до 500°С) конверсии органической составляющей торфа. Это обусловлено увеличением в выделяемых газах доли углеводородов, за счет синтеза Фишера-Тропша [3]. В технологии изготовления торфоминерального сырья (композиционного топлива) для его последующей газификации (сжигания) необходимо проводить формование (прессование, экструзия, окатывание и т.п.) предварительно подготовленной органоминеральной смеси. В этом случае в системе будут возникать фазовые контакты между реагирующими компонентами, что позволит быстрее протекать реакциям термолиза и газообразования.

Кроме энергетического использования торфа существенно активизировалось применение продукции на его основе в сельскохозяйственном производстве и для решения экологических проблем. Речь идет, в первую очередь, о создании сорбционных (поглотительных) материалов из торфяного сырья.

Известно, что на величину полной влагоемкости торфа (одну из основных характеристик сорбентов) оказывает влияние степень его обезвоживания и разложения [4]. То есть, например, если высушить гранулу из верхового торфа степенью разложения 15 % до равновесного влагосодержания, то при его последующем увлажнении величина полной влагоемкости снизится с 12 кг/кг до 8 кг/кг [3]. Вызвано это в первую очередь необратимыми изменениями при сушке торфа. Дело в том, что на заключительном этапе процесса обезвоживания начинает удаляться физико-химически связанная с функциональными группами вода. При этом возникают непосредственные взаимодействия между макромолекулами органического вещества за счет водородных связей и через поливалентные катионы. Изменение структурных характеристик материала приводит к уменьшению иммобилизационной способности ассоциатов макромолекул. При последующем увлажнении торфа вода, как активный растворитель, “разрывает” часть водородных связей между макромолекулами и сорбируется на функциональных группах. Но, по-видимому, между некоторыми активными центрами связь настолько сильна, что для ее разрыва полярным молекулам воды необходимо время. Установлено, что влияние сушки на обратимость водно-физических свойств тем больше, чем выше содержание гуминовых и фульвовых кислот в торфе, то есть чем выше степень разложения.

Еще одним важным фактором снижения водопоглотительной способности торфяных гранул является интенсивная механическая переработка торфяного сырья. Она приводит к изменению его физико-химической активности и, следовательно, также влияет на гидрофильные свойства готовой продукции. Смачиванию сухого торфа водой мешает также сорбированный воздух, и поэтому необходимо довольно длительное время для его вытеснения жидкостью [3].

Высокими гидрофильными свойствами, способностью к сорбции и ионному обмену обладают глинистые материалы. Причем впитывание жидкости этими материалами происходит более интенсивно, чем торфом. Связано это с тем, что большинство структурных гидроксильных групп OH^- граней кристаллической решет-

ки глинных минералов являются “свободными”. Поэтому они достаточно быстро образовывают водородные связи с молекулами воды [5]. Однако небольшая величина водопоглотительной способности глин делает невозможным применение их в качестве высокоэффективных сорбционных материалов. Использование для этих целей торфоминеральных композиций позволяет сглаживать проявление нежелательных тенденций в каждом из материалов.

Эксперименты, проведенные с гранулами, сформованными из пушицево-сфагнового торфа со степенью разложения 25 %, и торфоминеральными композициями показали, что небольшие добавки глинистого материала (в частности каолиновой глины) не только не снижают (как ожидалось), но даже несколько повышают сорбционные свойства гранул на основе торфа средней степени разложения. При этом наблюдается стойкая тенденция к интенсификации водопоглотительного процесса в композициях (рис. 1).

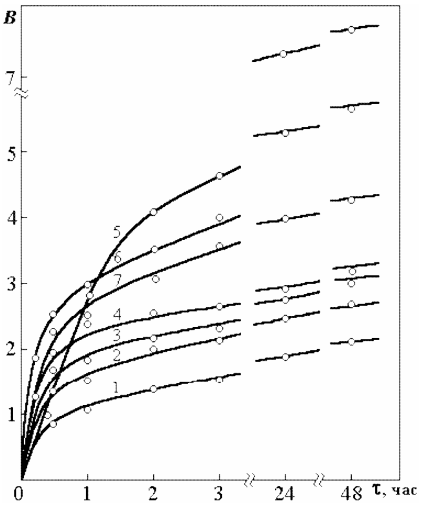


Рис. 1. Кинетика водопоглощения *B*, кг/кг гранулированного верхового пушицево-сфагнового торфа R = 25 % (1); торфоминеральных композиций: торф и каолиновая глина в соотношениях 90:10 (2), 85:15 (3), 75:25 (4); верхового магелланикум торфа R = 5…10 % (5); торфоминеральных композиций: торф и каолиновая глина в соотношениях 60:40 (6), 50:50 (7)

Это, по всей вероятности, вызвано структурными изменениями, происходящими при внесении минеральных глинистых добавок в торфяную матрицу. При этом гумусовые вещества органической части торфа соединяются с одновалентными или двухвалентными катионами, находящимися на поверхности глинных минералов и с самими минералами [6]. Это препятствует образованию водородных взаимодействий непосредственно между структурными элементами органи-

ческого вещества торфа и молекулам воды при увлажнении композиционного материала значительно легче сорбироваться на функциональных группах. То есть не нужно дополнительных затрат энергии для разрыва связей между последними. Кроме того, по данным некоторых исследователей [5] при соприкосновении глинистых материалов с растворами слабых электролитов (а именно таковым является торфяная вода) качество поверхности минералов существенно меняется, и появляются дополнительные адсорбционные центры. Этот процесс обусловливается спецификой кристаллохимического строения минералов, а также свойствами окружающего порового раствора (концентрация, заряд ионов, pH и др.). В качестве минеральных добавок возможно применение и других природных глинистых материалов.

При использовании в качестве матрицы композиционных сорбентов верхового торфа низкой степени разложения эффекта повышения водопоглотительной способности не наблюдается (см. рис. 1), что связано с малым количеством в таком торфе гуминовых веществ. Основная масса поглощенной влаги здесь составляет вода механического удерживания, из-за большого количества слаборазложившихся остатков растений-торфообразователей.

Выше говорилось о способах повышения гидрофильности торфа при помощи минеральных добавок. Но, как показали проведенные исследования, уникальные свойства некоторых соединений, извлекаемых при химической переработке органического вещества торфа, позволяют успешно их применять и для гидрофобизации минеральных дисперсных материалов. В первую очередь это касается гидрофобизации сухих строительных смесей на основе цемента и других минеральных вяжущих.

Необходимость решения этой проблемы связана с тем, что длительное хранение цементов (смесей на основе минеральных вяжущих) на складе после изготовления оказывает отрицательное влияние на их активность. Даже при невысокой относительной влажности воздуха цемент поглощает некоторое количество паров воды и углекислого газа. При этом на его поверхности образуются гидраты и карбонат кальция ($CaCO_3$), снижающие прочность. Уже через месяц хранения, прочность материалов на его основе уменьшается на 15…20 %, а через три месяца на 20…30 %. Особенно резко снижается активность быстротвердеющих и тонкомолотых цементов. Через 3…4 недели они переходят в разряд обычных цементов. Кроме того, установлено, что минеральные вяжущие, содержащие такие добавки как трепел и опока быстро теряют свою активность [8].

Другой важной предпосылкой получения гидрофобизированных смесей является то, что после приготовления на их основе бетонных и цементных растворов, последние обладают пониженной водопроницаемостью, повышенной морозостойкостью и т. п. При этом снижается расход цемента при сохранении заданной пластичности раствора.

Для оценки водоотталкивающих свойств получаемых композиций были проведены эксперименты по смачиванию различных видов цементов гидрофобизированных специальными добавками, выделяемыми из торфа (рис. 2).

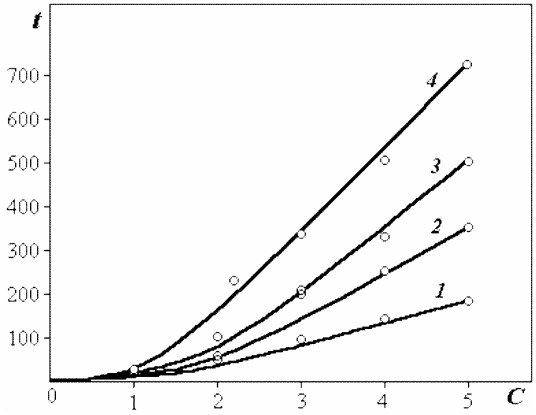


Рис. 2. Зависимость времени смачивания (t, мин) водой поверхности портландцемента (1, 2) и глиноземистого цемента (3, 4) от концентрации (С, %) гидрофобных добавок, полученных при химической переработке низинного (1, 4) и верхового (2, 3) торфа

Из анализа экспериментальных данных следует, что практически во всех случаях характер процесса впитывания капли воды, находящейся на поверхности гидрофобизированного цемента, одинаков. Однако качественные показатели эффективности применения тех или иных материалов для гидрофобизации будут зависеть не только от вида гидрофобизатора, но и от самого минерального дисперсного материала. Например, при использовании добавки, выделенной из верхового торфа, время смачивания поверхности гидрофобного портландцемента возрастает примерно в два раза, а при гидрофобизации глиноземистого цемента лучшими характеристиками обладают соединения, полученные на основе низинного торфа. Однако во всех рассмотренных случаях наблюдается значительное превышение времени смачивания, по сравнению с ГОСТ 10178-85, в 2…144 раза (в зависимости от вида и концентрации компонентов). При этом потери прочности изделий на основе композиционных вяжущих незначительны, и остаются постоянными при довольно длительном хранении (от одного года и выше) даже в условиях высокой относительной влажности воздуха (до 100 %).

Еще одно направление совместного применения торфа и минеральных материалов – создание принципиально нового заполнителя для легких бетонов, который не будет иметь ячеистой пористой структуры (как у керамзита). Для его производства не требуется высококачественных вермикулитовых глин. Новый заполнитель имеет шарообразную форму и состоит из тонкой минеральной оболочки и полой внутренней части.

Технология получения такого заполнителя реализуется при выполнении следующих операций [9]. Из влажного торфа на тарельчатом грануляторе формуется шарообразные гранулы размером 10…15 мм (при желании размер можно изме-



Рис. 3. Направления использования материалов на основе торфоминеральных композиций

нять в бо́льшую или ме́ньшую сторону). На торфяные гранулы наносится тонкий слой (1.5…2 мм) глинистого материала. Затем композиционные гранулы сушатся и подвергаются высокотемпературной обработке – обжигу. При обжиге торфяное ядро выгорает, а глинистая оболочка спекается. В результате получаются пустотелые гранулы, внутри которых находится воздух. У такого способа получения заполнителя для легких бетонов есть масса преимуществ. Во-первых – низкие требования к исходному органическому и минеральному сырью: возможно производство качественной продукции при использовании практически любого торфа и глинистого материала. Во вторых, бетон, изготовленный из такого заполнителя отличается низкой плотностью (800…850 кг/м^3) и, соответственно, малой теплопроводностью.

Подводя итог проведенным исследованиям можно выделить несколько перспективных направлений использования торфоминеральных композиций (рис. 3.): энергетическое, сельскохозяйственное, экологическое направления и производство различных строительных материалов.

Глубина теоретической и экспериментальной проработки физико-химических процессов, происходящих при изготовлении и использовании различных видов продукции, позволяет достигать требуемых качественных характеристик материалов. Применение глинистых добавок в композиционной смеси создает условия для существенного снижения начальной влажности при формовании как минимум до 60…65 %, что приводит к уменьшению энергозатрат при сушке.

Таким образом, использование композиционных материалов позволит более эффективно подходить к решению вопросов связанных с созданием рациональных технологий добычи и переработки биогенных ресурсов.

Литература

1. Афанасьев А.Е., Сульман Э.М., Усанов А.Е., Мисников О.С. Разработка метода газификации торфа при низкой температуре // Горный информационно-аналитический бюллетень. М., 2002. № 1. С. 168-172. **2.** Афанасьев А.Е., Сульман Э.М., Усанов А.Е., Мисников О.С. Применение низкотемпературного термолиза для газификации твердых топлив // Горный информационно-аналитический бюллетень. М., 2002. № 9. С. 154-157. **3.** Мисников О.С. Основы получения и использования композиционных материалов из органических и минеральных биогенных ресурсов // Вестник ТГТУ. 2003. Вып. 2. С. 108-112. **4.** Физико-химические основы технологии торфяного производства / И.И. Лиштван, А.А. Терентьев, Е.Т. Базин, А.А. Головач. Минск, 1983. 232 с. **5.** Злочевская Р.И. Связанная вода в глинистых грунтах. М., 1969. 175 с. **6.** Возбуцкая А.Е. Химия почвы. М., 1968. 427 с. **7.** Тарасевич Ю.И. Природные сорбенты в процессах очистки воды. Киев, 1981. 207 с. **8.** Пащенко А.А., Сербин В.П., Старчевская Е.А. Вяжущие материалы. Киев, 1985. 440 с. **9.** Гамаюнов С.Н., Мисников О.С., Пухова О.В. Перспективные направления использования продукции на основе гранулированного торфа // Горный журнал. 1999. № 10. С. 41-44.

New technologies of the production and the use of composite material produced from peat and mineral parts

O.S. Misnikov, A.E. Timofeev

This article contains review of the works about physico-chemical foundations of the production and the use of composite material, produced from peat and mineral parts. The three main trends were observed: fuel and energy, ecological and agricultural use and production of new building materials. It was established that using the natural catalyst system in composite solid fuel allows greatly increase the efficiency of its using as raw material for gas-generator process (pyrolysis). The additives of clay materials increase hydrophylic property of peat sorbents without significant decreasing of absorption capacity. The modification of building materials by peat organic water-repellent agents greatly raises their waterproof features without change of other physico-chemical characteristic.

СТРУКТУРА ТОРФЯНЫХ ЗАЛЕЖЕЙ БОЛОТ ХР. ЕРГАКИ (ЗАПАДНЫЙ САЯН)

Е.Я. Мульдияров[1], Н.А. Чернова[2]

[1]НИИ биологии и биофизики при Томском государственном университете,

[2]Томский государственный университет, naitina@rambler.ru

В работе впервые приводятся обобщенные сведения о генетических видах торфа и структуре торфяных залежей болот хр. Ергаки (Западный Саян).

Хребет Ергаки общей протяженностью около 100 км расположен в центрально-осевой части Западного Саяна. Ландшафтный облик сформирован сочетанием альпийского и гольцового типов рельефа. По северному макросклону хребта стекают рр. Большой Кебеж, Большой Тайгиш и Шадат, по южному в долину р. Ус – ее правые притоки Нижняя, Средняя и Верхняя Буйба.

Болота сконцентрированы в лесном поясе и приурочены к пониженным, гидрологически подчиненным, формам рельефа. Располагаются в речных и ледниково-каро-

вых долинах, в котловинах древнеледниковых и каровых озер, по днищам и склонам межгорных долин, в межгорных седловинах, на пологих горных склонах [1, 2].

Методика исследований

Комплексные исследования болот хр. Ергаки нами проводились в 2002-2004 гг. Было обследовано около 100 болотных массивов, на которых выполнено около 1000 полных геоботанических описаний со сбором и определением гербария, отобрано и проанализировано 850 образцов болотных отложений из 66 скважин, проведена зондировка торфяных залежей на всех болотных массивах.

В ходе работ использовались как традиционные в торфоведческой практике методики [3], так и разработанные в «Томской школе болотоведения» под руководством Ю.А. Львова [4, 5] для решения научных задач. Образцы отбирались по всей глубине торфяной залежи с шагом в 10 см. При выполнении ботанического анализа торфа определялись также степень разложения и степень минерального загрязнения торфа.

Результаты исследований

Выделяются два генетических типа болот – терригенный и лимногенный, соответствующие суходольному и озерному типам заболачивания [3, 6, 7]. Основными их характеристиками являются соответственно: уклон поверхности - 0-5° (10-15°) и 0-1°; мощность залежи - 0.3-1.5 (3) м и более 2 (5) м (вместе с сапропелем); характер залежи – плотная, слабо обводненная и рыхлая, сильно обводненная; характерная экологическая группа торфов - гигрофильная и гидрофильная; подстилающие породы - минеральный грунт (от суглинка до камней) и озерный сапропель. На хр. Ергаки абсолютно преобладает терригенный тип заболачивания.

Основным структурным элементом торфяной залежи является торф (693 образца из общего количества 850 включенных в анализ образцов болотных отложений или 82 %). При этом торфа терригенных болот характеризуются той или иной степенью минерального загрязнения, что заставляет ввести новые категории: чистый, загрязненный (менее 5 %) и минерализованный (до 30 %) торфа, торфо-минеральная смесь (около 50 %) и минеральный слой (более 70 %).

Оставшиеся 18 % образцов составляют различные “включения”, спорадически или постоянно встречающиеся в торфяных залежах болот определенных геоморфологических типов: торфогумус (27 образцов), сапропель (121), минеральные (9) и водные прослойки.

Торфогумус (торфоперегной), в отличие от торфа, является продуктом очень сильного (>75 %) или полного разложения растительных остатков при резко переменном режиме увлажнения. Он отлагается на начальной стадии развития почти всех склоновых болот и в краевой экотонной лугово-болотной полосе крупных массивов.

Сапропель или озерный ил – продукт озерной седиментации органического и кластического материала. После заполнения озерной котловины сапропелем этот

процесс сменяется болотной аккумуляцией – торфонакоплением. Таким образом, в лимногенных болотах сапропель всегда подстилает торфяную залежь, поэтому такую залежь правильнее называть торфо-сапропелевой. Мощность сапропеля обычно не превышает 1.5 м (максимальная – более 3.5 м). При анализе стратиграфии торфяных залежей мы используем лишь три категории сапропеля: минеральный, органо-минеральный и органический.

Минеральные прослойки встречаются только в терригенных, обычно прирусловых и пойменных, болотах, т.е. имеют делювиальный и аллювиальный генезис. Наибольшей мощности (20-40 см) они достигают на пойменных болотах.

Водные прослойки (горизонты) - характерный признак лимногенных болот. Как правило, они образуются при зарастании озера между сапропелем и формирующейся сплавиной. Часто возникает верхний водный горизонт между торфяной залежью и современной сплавиной. Нередко в торфяной залежи присутствуют также водные линзы и жилы, представляющие собой бывшие вторичные озера и внутризалежные водотоки.

Торф и генетические виды торфа. Торф – продукт неполного разложения растительных остатков, поступающих в болото как отмершая часть (опад) годовой биологической продукции болотного растительного сообщества. Отсюда следует, что ботанический состав торфа отражает состав доминантного ядра отложившего его материнского фитоценоза [4], т.е. каждому типу фитоценоза соответствует характерный только ему торф с вполне определенным и постоянным ботаническим составом - генетический вид торфа. Вид торфа отлагается ровно столько времени, сколько существует его материнский фитоценоз. Смена одного фитоценоза другим в растительном покрове сопровождается сменой пластов в торфяной залежи. Таким образом, торфяная залежь как совокупность чередующихся снизу вверх пластов различных видов торфа содержит исчерпывающую информацию о динамике развития болота за весь период его существования.

Генетические виды торфа могут быть одночленными и составными (двух-, многочленными). В одночленном виде торфа абсолютно преобладают (70-100 %) волокна одного вида. Составные генетические виды торфа выделяются по преобладающим в торфе видам (2-3, редко 4), название которым дается по русскому или латинскому видовому названию содоминантов. В то же время в большинстве существующих классификаций [3, 8, 9] составные торфа выделяются по остаткам преобладающих родов, морфотипам, экогруппам или иным признакам. Выделение таких “сборных”, “пластообразующих” видов торфа удобно в торфоведческой практике, но ведет к утрате эколого-ценотической информации, которая необходима при решении научных задач.

Из 693 включенных в анализ образцов выделено 95 генетических видов торфа, из которых только 39 видов представлены тремя и более образцами, но занимают при этом 87 % общего объема образцов. 56 видов торфа, выделенные по одному - двум образцам, образуют группу редких по встречаемости видов.

Основными торфообразователями выступают *Carex altaica (Gorodkov) V. Krecz., C. limosa L., Baeothryon cespitosum (L.) A. Dietr., Scheuchzeria palustris L., Betula*

rotundifolia Spach, Sphagnum russowii Warnst., S. subsecundum Nees, S. compactum DC. и *Warnstorfia exannulata (B.S.G.) Loeske*. Меньшую роль играют *Menyanthes trifoliata L., Carex rostrata Stokes, C. lasiocarpa Ehrh., C. chordorrhyza Ehrh., Equisetum palustre L., E. fluviatile L., Sphagnum fuscum (Schimp.) Klinggr., Calliergon giganteum (Schimp.) Kindb., C. trifarium (Web. et Mohr) Kindb., C. stramineum (Brid.) Kindb., Warnstorfia fluitans (Hedw.) Loeske* и *Meesia triquetra (Richter) Aongstr.*

Все они образуют как чистые, так и составные друг с другом (в различных сочетаниях) виды торфа. Ниже приведены основные генетические виды торфа хр. Ергаки, подтвержденные числом образцов е" 3 (в скобках указано число образцов).

Алтайскоосоковая группа видов торфа включает алтаика-торф (233), алтаика-пухоносовый (18), -вахтовый (7), -лимоза (4), -ерниковый (3), -гигантеум (3), -руссови (3). Топяноосоковая группа включает лимоза-торф (100), лимоза-пухоносовый (16), -шейхцериевый (10), -шейхцериево-субсекундум (4), -субсекундум (6), -хордорриза (7), -хордорриза-трифариум (8), -рострата (3). Вахтовая группа содержит следующие виды торфа: вахтовый (4), вахтово-осоковый (*Carex altaica*, *C. rostrata*, *C. limosa*, *C. lasiocarpa* и др.) (5), -хвощевый (5), -хвощево-осоковый (6), -осоково-гигантеум (6). Выделяются также пухоносовый (21), шейхцериевый (14) и рострата-торф (14), составные виды которых отнесены к другим группам.

Сфагновую группу образуют фускум-торф (10), руссови- (9), магелланикум-руссови- (4), компактум- (5), субсекундум-торф (11). В гипновую группу входят эксаннулата- (12), трифариум- (10), гигантеум- (10), флуитанс- (6), меезия- (5) и страминеум-торф (3). Моховая (сфагново-гипновая) группа представлена компактум-флуитанс-торфом (3).

Следует особо остановиться на осоке алтайской. Этот эндемик гор юга Сибири в наиболее гумидных районах образует сырые субальпийские разнотравно-алтайскоосоковые луга и в соответствующих условиях увлажнения участвует в их заболачивании, формируя болотные алтайскоосоковые сообщества [1].

Алтаика-торф - самый распространенный вид торфа на терригенных болотах хр. Ергаки (34 % от общего объема образцов), и является характерным для гумидных областей Алтае-Саянской горной страны [10]. Большинство мелкозалежных (до 1 м) болот имеют алтайскоосоковую залежь, а на более глубоких болотах алтаика-торф формирует нижние придонные слои. Лимоза-, рострата-, шейхцериевый, субсекундум-, компактум- и эксаннулата- торфа характерны для лимногенных болот. Торфа вахтовой группы, фускум, трифариум-, гигантеум- и меезия- торфа и некоторые другие являются редкими.

Литература

1. Мульдияров Е.Я., Чернова Н.А. О болотах горного массива Ергаки // Вестник Томского гос. ун-та. Приложение №7. Комплексные экологические исследования ландшафтов Сибири. Томск, 2003. С. 171-174. **2.** Чернова Н.А. Прирусловые болота горного массива Ергаки // Алтай: экология и природопользование / Материалы III российско-монгольской научной конференции молодых ученых и студентов. Бийск, 2004. С. 172-178. **3.** Тюремнов С.Н. Торфяные месторождения. М., 1976. 488 с. **4.** Львов Ю.А. Методические материалы к типоло-

гии и классификации болот Томской области // Типы болот СССР и принципы их классификации Л., 1974. С. 188-194. **5.** Львов Ю.А. Торфяное болото как система болотных фаций // Биологические науки. 1977. № 9. С. 97-103. **6.** Сукачев В.Н. Болота, их образование, развитие и свойства. Л., 1926. 162 с. **7.** Чернова Н.А. О формировании болот хребта Ергаки // Горные экосистемы Южной Сибири: изучение, охрана и рациональное природопользование / Труды ГПЗ «Тигирекский». Вып. 1. Барнаул, 2005. С. 159-161. **8.** Классификация видов торфа и торфяных залежей. М., 1951. 68 с. **9.** Классификация торфов и торфяных залежей Западной Сибири. Новосибирск, 2000. 93 с. **10.** Мульдияров Е.Я., Волкова И.И. К изучению генезиса болот Кузнецкого Алатау // Проблемы изучения растительного покрова Сибири. Томск, 2000. С. 87-88.

The structure of peat stratigraphy at Ergaki mountain ridge (West Sayan)

E.Ja. Mouldijarov, N.A. Chernova

The basic results of research of peat stratigraphy at Ergaki mountain ridge (West Sayan) are show in this article. The results show, that the peat stratigraphy of terrigenic mires differ from limnogenic mires and include 95 species of peat.

ВЛИЯНИЕ ДЛИТЕЛЬНОСТИ АКТИВАЦИИ НА СВОЙСТВА МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВИРОВАННОГО ТОРФА

О.В. Порываева, Л.В. Касимова, Э.В. Титова

Сибирский НИИ торфа СО РАСХН, г. Томск, sibniit@tomsknet.ru

Для микробиологической активации низинного торфа применены нативные ассоциации микроорганизмов на основе торфосодержащих материалов. Цель данной работы – изучить влияние длительности микробиологической активации на процессы минерализации и трансформации органического вещества торфа.

Исследованиями [1-3] показано, что для микробиологической активации торфа применение микробного инокулята обеспечивает ускорение минерализации и трансформации органического вещества, обогащение торфа подвижными элементами питания и биологически активными веществами. Наиболее перспективным является инокулят М.Н. Посадской и Л.Н. Павловой [3], применяемый для активации торфа в водной суспензии, обладающий свойствами аммонификации и олигонитрофилии. Под воздействием микробиологической активности внесенного в торфяную суспензию инокулята, состоящего на 90 % из бактериальной флоры, идет минерализация легкогидролизуемого органического вещества торфа. Если же в состав микрофлоры инокулята, кроме бактериальной флоры ввести актиномицеты и грибы, то его активность будет гораздо выше, за счет вовлечения в трансформацию трудногидролизуемого органического вещества. Перспективным сырьем в качестве источника такой микрофлоры могут быть органические удобрения, в том числе торфосодержащие, в которых в результате биотермического компостирования создаются условия для появления значительного количества актиномицетов [4].

В Сибирском НИИ торфа СО РАСХН разработан способ микробиологической активации органического вещества торфа и новый вид органических удобрений на его основе – микробиологически активированный торф или биоудобрение «Биоторф-1». Для микробиологической активации применены нативные ассоциации микроорганизмов на основе торфосодержащих материалов. Цель данной работы – изучить влияние длительности микробиологической активации на процессы минерализации и трансформации органического вещества торфа. Объектом исследования являлся низинный торф.

Лабораторные анализы торфа, торфяных удобрений осуществлялись по унифицированным методикам и государственным стандартам [5, 6], микробиологический анализ проводился методом прямого учета численности микрофлоры [7], групповой и фракционный состав органического вещества торфа согласно [8, 9].

Динамика азота. В приведенных нами исследованиях микробиологическая активация торфа отличалась высокой степенью разложения органического вещества, что сопровождалось значительными изменениями в содержании азота. Процесс трансформации азота можно условно разделить на несколько этапов. На первом этапе (в течение первых двух месяцев) минерализация легкогидролизуемого азота выражалась в мобилизации азота в аммонийной форме, его содержание увеличилось в 2.3 раза. На втором этапе (третий месяц) на фоне высокого уровня доступных форм органического углерода и недостатке легкогидролизуемых форм азота, происходит резкая иммобилизация минерального азота, его содержание уменьшается в 3 раза. На третьем этапе (с четвертого месяца и до конца года) начинается процесс минерализации трудногидролизуемого азота, снова наблюдается процесс накопления аммонийного азота (в 1.4 раза относительно исходного состояния). Продолжающийся процесс интенсивной минерализации азота (на второй год) приводит к накоплению нитратов. Следовательно, при длительной микробиологической активации торфа происходит минерализация органического вещества. И если первоначально минерализуется легкогидролизуемый азот, то впоследствии в этот процесс вовлекается трудногидролизуемый азот органического вещества.

Микробиологические свойства. Микробиологическая активация торфа инокулятом, содержащим в своем составе бактерии, актиномицеты и грибы, привела к естественному повышению общей численности микроорганизмов в 1.7 раза в первые 10 суток активации с преимущественным ростом бацилл (до 99 %). Последующая ферментация определила дифференциацию физиологических групп микроорганизмов по их ведущей роли в процессах трансформации органического вещества торфа (табл. 1). Следует отметить, что для всего периода активации характерны периодические изменения численности микроорганизмов, что также отмечено в других исследованиях [2, 10], но в основном преобладают желтопигментные бактерии и бациллы. В условиях недостатка элементов питания ведущую роль в процессе трансформации органического вещества занимают актиномицеты и грибы, что приводит к новой волне активности бактериальных форм.

Таблица 1

Численность микроорганизмов в исходном и активированном торфе

Вид торфа	Активация, месяц	Физиологические группы микроорганизмов, Nx10^8 клеток в 1 г а.с.в.				
		общее количество	желтопигментные	бациллы	актиномицеты	грибы
		x±Sx	x±Sx	x±Sx		
Исходный		672±1.2	242±0.8	390±1.4	0	0
Активированный	0.3	1132±6.0	8±0.6	1125±4.8	0	0
	0.7	71±1.2	54±0.4	13±0.6	1	3
	1	18±1.2	7±1.1	5±0.1	0	1
	2	598±4.3	382±0.6	215±1.2	0	0
	3	11±0.8	5±0.4	6±0.2	0	0.2
	4	16±1.1	0.2±0.1	15±0.8	0	0.4
	10	160±2.4	117±0.6	43±1.3	0	0.1
	12	20±0.8	13±0.4	7±0.2	0	0.4
	24	1562±7.2	1561±5.7	0.3±0.1	0.0002	0.0006

Примечание: x – среднее значение, Sx – ошибка среднего.

Состав органического вещества. Исследования группового состава органического вещества показали, что микробиологическая активация приводит к увеличению фракции битумов и влияет на общее содержание и соотношение гуминовых и фульвокислот (рис.). И если общее содержание снижается на 4.7 %, то соотношение гуминовых и фульвокислот увеличивается за счет увеличения фракции гуминовых кислот на 7.2 % и уменьшения фракции фульвокислот на 5.4 %. Отношение углерода гуминовых кислот к углероду фульвокислот изменяется от 1.4 в исходном торфе до 2.0 через три месяца активации.

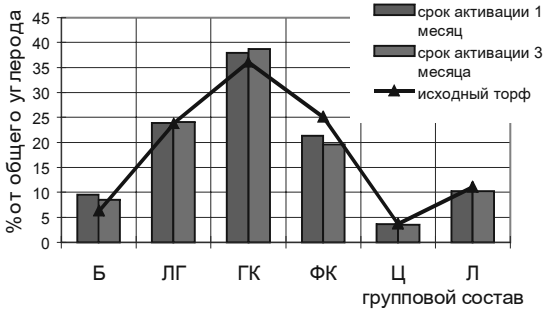


Рис. Влияние длительности активации на групповой состав органического вещества торфа. Б – битумы, ЛГ – легкогидролизуемые, ГК – гуминовые кислоты, ФК – фульвокислоты, Ц – целлюлоза, Л – лигнин.

Анализ фракционного состава так же подтверждает тенденцию снижения общего содержания гуминовых и фульвокислот до 4 % и увеличения значения соотношения $C_{ГК}/C_{ФК}$ через три месяца от 0.8 до 2.1, хотя затем происходит снижение до 1.5. Увеличение содержания гуминовых кислот происходит за счет повышения

третьей фракции до 67 % через три месяца и второй фракции до 9.4 % через 24 месяца, а содержание фульвокислот снижается через 24 месяца за счет 1 и 2 фракций на 8 % и третьей фракции на 28 %. Общее содержание фульвокислот в первый месяц активации оставалось на исходном уровне и снизилось на 35.2 % через три месяца. В последующие сроки содержание фульвокислот сохранялось ниже исходного уровня на 16-19 % за счет преимущественного снижения содержания 1 и 2 фракций на 75.7 % и третьей фракции на 50.8 %. Изменения в содержании других фракций фульвокислот происходили незначительно. Следует отметить, что наряду с разрушением органического вещества торфа наблюдался процесс накопления негидролизуемого остатка в первый месяц активации на 10.6 %, через 24 месяца на 31.7 %.

Аминокислотный состав. При микробиологической активации торфа содержание аминокислот в течение месяца сохранялось практически на исходном уровне. При активации в течение года содержание аминокислот увеличилось в 1.2-5 раз. В больших количествах накапливались валин и изолейцин (в 2.7-5 раз) (табл. 2). В 1.6-1.9 раза увеличилось содержание треонина, глицина, тирозина, гистидина. Лейцин, фенилаланин, аргинин высвобождались из торфа на 24-37 %.

Таблица 2

Влияние длительности микробиологической активации на аминокислотный состав торфа

Аминокислоты	**Исходный торф**	**Активированный торф**	**Аминокислоты**	**Исходный торф**	**Активированный торф**
		360 суток			**360 суток**
	x±Sx	x±Sx		x±Sx	x±Sx
Аспарагин	0.59±0.04	0.89±0.09	Изолейцин	0.05±0.01	0.25±0.04
Треонин	0.24±0.02	0.45±0.10	Лейцин	0.37±0.07	0.46±0.03
Серин	0.25±0.02	0.29±0.06	Тирозин	0.24±0.04	0.42±0.07
Глутамин	следы	0.17±0.04	Фенилаланин	0.29±0.06	0.38±0.05
Глицин	0.13±0.04	0.21±0.03	Гистидин	0.32±0.07	0.53±0.06
Аланин	0.37±0.06	0.34±0.06	Лизин	0.46±0.04	0.48±0.05
Валин	0.18±0.02	0.48±0.07	Аргинин	0.19±0.04	0.26±0.05
Метионин	0.24±0.04	0.24±0.04			

Примечание: x-среднее значение, Sx-ошибка среднего.

Состав органического вещества водного экстракта из торфа. Водный экстракт из исходного торфа содержал 0.22 % сухого органического вещества, в составе которого преобладали гуминовые кислоты. Максимальное накопление сухого органического вещества произошло через 24 месяца активации торфа. В составе водорастворимого органического вещества содержание углерода практически не изменялось и оставалось на уровне 0.7-1 % на абсолютно сухое вещество или 5.5 % от сухого органического вещества. В первые четыре месяца активации содержание водорастворимых гуминовых кислот ниже или на уровне аналогичного показателя экстракта их исходного торфа: 0.11-0.19 % или 220-380 мг/л, что составляет 6-10 % от сухого органического вещества. Через 10 месяцев активации

содержание гуминовых кислот на абсолютно сухое вещество составляло 60 мг/л. Содержание фульвокислот в водном экстракте при активации через 24 месяца составило 3-5 мг/л или 0.04-0.06 % на абсолютно сухое вещество. Аналогичная динамика водорастворимых гуминовых кислот в водных вытяжках из торфа и торфяного удобрения в процессе длительного хранения отмечена в исследованиях Ф.Д. Овчаренко и др. [11].

Таким образом, при длительной микробиологической активации торфа, в результате сукцессии микроорганизмов происходит разрушение трудно- и легкогидролизуемого органического вещества и накопление аминокислот.

Литература

1. Кашпар Я., Конделик П. Использование каустобиолитов для производства биоминеральных удобрений в Чехословакии // Комплексные биоминеральные удобрения. Киев, 1970. С. 10-15. **2.** Смалий В.Т., Лессовая В.А., Ляшенко О.Н., Боярская М.Н. Разложение гумусовых веществ торфа и бурого угля микроорганизмами // Комплексные биоминеральные удобрения. Киев, 1970. С. 66-70. **3.** А.С. 1681487 (СССР), МКИ[3] C05F 11/08. Способ получения биоудобрения на основе торфа / М.П. Посадская, Л.Н. Павлова, Л.И. Кузнецова, З.Н. Прохорова и др. Опубл. 21.06.89. Бюл. № 24. **4.** Андреюк Е.И., Антипчук А.Ф., Рангелова В.Н., Тацюренко Е.В. Биоторфяное удобрение – новый комплексный бактериальный препарат // Мікробіол. Журнал. 1999. Т. 61. С. 45-51. **5.** Аринушкина Е.В. Руководство по химическому анализу почв. М., 1970. 436 с. **6.** Технический анализ торфа. М., 1992. С. 358-365. **7.** Методы почвенной микробиологии. М., 1983. 336 с. **8.** Лиштван И.И., Король Н.Т. Основные свойства торфа и методы их определения. Минск, 1975. 320 с. **9.** Пономарева В.В., Плотникова Т.А. Методические указания по определению содержания и состава гумуса в почвах. Л., 1975. 83 с. **10.** Ярчук И.И. Влияние минеральных компонентов и температурного режима на биологические процессы при производстве торфяных удобрений // Комплексные биоминеральные удобрения. Минск, 1970. С. 59-66. **11.** Овчаренко Ф.Д., Гордиенко С.А., Лавренюк А.И., Глущенко Т.Ф. Подвижность гуминовых кислот, соединений азота и фосфора в процессе ферментации БМУ // Комплексные биоминеральные удобрения. Минск, 1970. С. 123-143.

Influence of duration of activation on properties of the microbiological activated peat

O.V. Porivaeva, L.V. Kasimova, I.V. Titova

The natural associations of microorganisms are applied for microbiological activation of peat on the basis of materials containing peat. The purpose of the given job - to study influence of duration of microbiological activation on processes mineralization and transformation of organic substance of peat.

256

РЕАБИЛИТАЦИЯ НАРУШЕННЫХ ТОРФЯНЫХ БОЛОТ В БЕЛАРУСИ

В.А. Ракович

Институт проблем использования природных ресурсов и экологии НАН Беларуси, г. Минск, peatland@ns.ecology.ac.by

В естественном состоянии болота являются местами обитания специфичных видов болотной флоры и фауны, безупречными геохимическими барьерами на путях движения вод, регуляторами климата, газового состава атмосферы, хранителями информации о сменах климата и растительности на протяжении многих тысячелетий. Кроме того, болота являются источниками ценных видов сырья: торфа, лечебных грязей и лекарственных растений, а также используются в качестве мест активного отдыха людей - охоты, сбора ягод и грибов. Все вышеперечисленные функции болота выполняют только в естественном, неосушенном состоянии и возобновляют их после реабилитации полностью или частично нарушенных торфяных болот.

Общая площадь болот в Беларуси до начала осушения и добычи торфа составляла 2939 тыс. га. Особенно высока была степень заболоченности Полесья (44 %). Белорусское Полесье представляло собой зону земледелия с неустойчивым увлажнением, что обусловило необходимость проведения мелиорации с целью получения устойчивых урожаев. В первые годы мелиорация земель в Полесье обеспечивала производство 75-85 % сочных, зеленых и грубых кормов. Однако в последнее десятилетие сельскохозяйственное использование осушенных земель оказалось не очень продуктивным. После нескольких лет использования на значительной части осушенных земель произошло снижение урожайности, и дальнейшее использование их требовало внесения дополнительных количеств минеральных удобрений, сложных мероприятий по регулированию водного режима и даже орошения.

К настоящему времени более 40 % всех болот Беларуси находится в осушенном состоянии. Основная их часть используется в сельском хозяйстве. Общая площадь торфяных месторождений, нарушенных при добыче торфа, составляет 310.5 тыс. га. В составе лесного фонда Беларуси имеется 74.5 тыс. га выработанных торфяных месторождений с остаточным слоем торфа, находящемся в осушенном состоянии, и около 14 тыс. га неэффективно осушенных лесных болот. Также в Беларуси имеется 224 тыс. га полностью разрушенных торфяных почв, которые не пригодны для сельского хозяйства.

Методика исследований

По инициативе Института проблем использования природных ресурсов и экологии Национальной Академии наук Беларуси (ИПИПРЭ НАН Беларуси) восстановление болотообразовательных процессов осуществляется на выработанных торфяных месторождениях Гричино-Старобинское Солигорского района, Рады-Галышевка Пуховичского района, Цна Борисовского и Логойского районов, Березина Лидского района, в пойме реки Дитва Вороновского и Лидского районов, Булев Мох Житковичского и Солигорского районов, Гайно-Бродня Смолевичского, Дикий Никор Пружанского, Птичь Минского, Бельмонт Браславского районов с общей площадью заболачивания более 20 тыс. га.

С учетом последних наработок ИПИПРЭ НАН Беларуси по данному вопросу Государственный комитет по земельным ресурсам, геодезии и картографии Республики Беларусь разработал новое “Положение о рекультивации земель, нарушенных при разработке месторождений полезных ископаемых и торфа...”, в котором предусмотрено новое направление целевого использования нарушенных земель после рекультивации – природоохранное [1].

Результаты исследований

На выработанных торфяных площадях, где остаточный слой торфа мощностью около 0.5 м подстилается хорошо водопроницаемыми грунтами, и где не производилось поднятие уровня грунтовых вод (УГВ), после завершения выработки торфа в условиях хорошего дренажа поселяется суходольная растительность с преобладанием березы, ивы, ольхи, крушины. При искусственном подъеме УГВ до глубины 0-0.3 м эта растительность погибает и заменяется болотными фитоценозами. При условии регулирования водного режима такие выработанные торфяные площади пригодны для создания сельскохозяйственных и лесных угодий, однако, целесообразность их трансформации в эти угодья должна быть экологически и экономически обоснована.

На выработанных торфяных площадях, где остаточный слой торфа мощностью около 0.5 м подстилается сапропелем, без искусственного подъема УГВ формируется контрастный амфибиальный водно-воздушный режим с резкими колебаниями окислительных и восстановительных процессов в зависимости от погодных условий. Это не позволяет нормально развиваться ни болотной, ни суходольной растительности, поэтому такие площади в течение 10 и более лет после завершения выработки торфа остаются без растительного покрова, несмотря на благоприятные агрохимические свойства торфяного слоя и благоприятный для растений химический состав почвенно-грунтовых вод. Такие площади нередко затапливаются паводковыми водами, так как это бывшие древние заболоченные озера, у которых после выработки торфяного слоя частично восстанавливаются депрессии, в которые устремляется поверхностный и подземный сток с окружающих водосборов. Выработанные торфяные месторождения, подстилаемые сапропелем, непригодны для использования в качестве сельскохозяйственных и лесных угодий. Наиболее целесообразно использовать такие площади для повторного заболачивания. При необходимости на них могут быть созданы водоемы после дополнительной выработки торфа и сапропеля.

Следует признать ошибочным использование в качестве сельскохозяйственных угодий выработанных торфяных месторождений в поймах рек и озер. Это приводит к загрязнению вод водоприемников биогенными элементами (N, P, K, Ca, Mg и др.), а также пестицидами, что отрицательно сказывается на состоянии экосистем рек и озер.

Восстановление болотообразовательного процесса на выработанных торфяных площадях, независимо от свойств подстилающих остаточный слой торфа грунтов происходит только после поднятия почвенно-грунтовых вод до уровней, типичных для неосушенных болот. Болотные фитоценозы, формирующиеся при повторном заболачивании выработанных торфяных месторождений, не всегда соответствуют ботаническому составу торфа, на котором они развиваются, из-за несоответствия современных экологических условий требованиям видов болотных

растений, сформировавших в древности слой торфяной залежи, оставшийся после разработки.

Технология поднятия УГВ с целью повторного заболачивания выработанных торфяных площадей зависит от геоморфологии месторождений. Для повторного заболачивания выработанных торфяных площадей, входящих в состав озерно-болотных комплексов (ОБК), где осушение торфяных месторождений осуществлялось принудительно с помощью насосных станций, а торфяные залежи выработаны до уровня воды в озерах или ниже, достаточно прекратить откачку воды. Для повторного заболачивания выработанных торфяных месторождений, не входящих в состав ОБК и залегающих в плоских долинах, достаточно перекрыть воду на выходе из месторождений.

Для повторного заболачивания выработанных торфяных месторождений, расположенных на склонах водоразделов, необходимо строительство серий плотин в разных частях месторождений с учетом существующего рельефа.

Ведущим критерием выбора направлений использования осушенных торфяников являются геоморфологические условия их залегания. Для природоохранного направления использования пригодны все торфяные месторождения вне зависимости от геоморфологических условий залегания и типа торфяной залежи.

С учетом генетических особенностей, способов добычи торфа, экологической ситуации в зонах влияния и районах расположения выработанных торфяных месторождений все многообразие их подразделяется на три группы по приоритетной очередности повторного заболачивания.

В первую группу входят торфяные месторождения, в районах которых сложилась неудовлетворительная экологическая ситуация (загрязнение, обмеление или исчезновение озер и малых рек, уничтожение редких и находящихся под угрозой исчезновения видов болотной флоры и фауны, деградация ландшафтов), разработка которых проводилась багерно-экскаваторным способом или на которых добывался гидроторф, имеющие под торфяной залежью отложения сапропеля, мергеля или торфотуфа, расположенные у истоков рек и ручьев, в зонах водосборов озер, загрязненные радионуклидами свыше 15 Ки/км^2.

Ко второй группе относятся выработанные месторождения, которые по своим природно-генетическим особенностям можно заболотить с помощью небольших плотин и перемычек. К ним относятся торфяные месторождения пойменного залегания, пойменно-притеррасные, бессточных котловин, пониженные участки месторождений сточных котловин, месторождения староречий и проточных котловин.

В третью группу входят выработанные торфяные месторождения, на которых регулирование водного режима для повторного заболачивания связано с определенными трудностями, т.е. экономически менее целесообразно, чем для месторождений первой группы. К ним относятся месторождения первых надпойменных террас, склонов надпойменных террас, водораздельных пологоволнистых абляциальных равнин [2].

Разработку торфяного месторождения следует исключить, если оно находится на пути массовой миграции перелетных птиц и является местообитанием во время их отдыха или гнездования, а также, если месторождение является местообитанием редких и исчезающих видов биоразнообразия, или поддерживает гидрологический режим на большой территории. Осушение и разработку торфяных место-

рождений следует проводить только в тех случаях, если это не приведет к катастрофическим последствиям для экосистем лугов, лесов, озер, рек и сельскохозяйственных угодий, находящихся на прилегающих территориях. Это необходимо определить до начала осушения, на стадии технико-экономического и экологического обоснования.

Обязательным условием должно быть возобновление болотообразовательного процесса после разработки торфяного месторождения с целью восстановления всех биосферных функций болота, существовавшего до начала разработки. На стадии проектирования в обязательном порядке должен быть определен перечень мероприятий и технологий для проведения повторного заболачивания выработанных торфяных площадей.

При условии выполнения данных работ будут достигнуты следующие результаты: улучшится гидрологический режим в регионе; будет создана сеть мелких водно-болотных угодий, которая вместе с существующими охраняемыми территориями явится основой стабильного сохранения биологического разнообразия; снизится пожароопасность во многих регионах; уменьшится выброс в атмосферу CO_2; за счет накопления воды на восстановленных болотах в весенний период замедлится сток талых вод, что позволит уменьшить вероятность катастрофических паводков на реках; увеличится численность глобально угрожаемых видов, обитающих на болотах и прилегающих к ним территориях: большой подорлик, дупель, вертлявая камышевка; улучшится качество воды за счет фильтрационных свойств восстановленных пойменных болот.

Литература

1. Положение о рекультивации земель, нарушенных при разработке месторождений полезных ископаемых и торфа, проведения геологоразведочных и других работ. Минск, 1997. 21 с. **2.** Тановицкий И.Г., Селивончик Т.В., Смирнова В.В., Беленький С.Г., Ракович В.А., Молокова Н.В. Критерии выбора направлений использования выработанных торфяных месторождений с учетом охраны природы // Природные ресурсы. 2001. №3. С.82-88.

Rehabilitation of disturbed peatlands in Belarus

V.A. Rakovich

The bog are places for endemic marsh flora and fauna, faultless geochemical barriers, governors of a climate, gas composition of atmosphere, keepers of an information about changes of a climate and vegetation on stretch millenniums. Besides the bogs are sources of valuable kinds of raw material: peat, medical dirty and medicinal plants are used of places of active rest of the people. All above functions of a bog execute only in natural, the not drained condition and renew their ambassador after rehabilitation completely or partially infringed peat bogs.

АРОМАТИЧЕСКИЕ УГЛЕВОДОРОДЫ В ОРГАНИЧЕСКОМ ВЕЩЕСТВЕ ТОРФА И САПРОПЕЛЯ

А.В. Савельева

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

Представлено распределение полициклоароматических углеводородов в органическом веществе торфяных болот и пресноводных водоемов в зоне южной и средней тайги. Хризены и перилены являются наиболее распространенными углеводородами. Показана прямая зависимость содержания хризенов от величины отношения Pr/Ph. Содержание перилена коррелирует с водородным показателем среды и содержанием серы. Количество перилена и липидов в гумусовом органическом веществе находятся в обратной зависимости.

В современных осадках и торфах обнаружен ряд полициклоароматических углеводородов (ПЦА), представленных, главным образом, такими голоядерными структурами как пирен, коронен, флюорантен, перилен, хризен [1-3]. Перилены и хризены являются наиболее распространенными углеводородами в органическом веществе. Механизм их образования в составе органического вещества мало изучен. Происхождение ароматических углеводородов связывают с несколькими продуцирующими факторами: ароматизацией стероидов и гопаноидов в раннедиагенетических осадках, антропогенными загрязнениями, восстановлением полиароматических пигментов. Кроме того, они могут быть результатом процесса биосинтеза и биоассимиляции микроорганизмами. В торфяном гумусе главными источниками ПЦА считают фрагменты растений торфообразователей и процессы биосинтеза микроорганизмами [4].

Нами изучено распределение ПЦА в органическом веществе различного генезиса: сапропелях и торфах. Торфа представлены верховыми, переходными и низинными типами моховой, травяно-моховой, травяной и древесной группами. Торфяные болота приурочены к террасам долины р. Оби, р. Чулым, к Бакчар-Иксинскому водоразделу.

Для исследованных торфов и сапропелей определялись общетехнические характеристики (зольность, степень разложения, ботанический состав), элементный и групповой состав. Липиды экстрагировались из торфов хлороформом в соотношении 1:1. Методом тонкослойной хроматографии на пластинках Silufol в системе гексан-бензол (9:1) из них выделялись насыщенные и ароматические углеводороды. Насыщенные углеводороды анализировались газожидкостной хромотографией. Идентификацию ПЦА проводили методом электронной спектроскопии и масс-спектрометрии.

В составе ПЦА сапропелей и торфов выделено 2 фракции. В электронном спектре фракции, имеющей большую подвижность, основные максимумы поглощения наблюдаются при 265 и 271 нм, менее интенсивные - приходятся на 223, 228, 254, 286, 311, 325 нм. В масс-спектре присутствуют молекулярные ионы с m/e 228 и 243. Молекулярные массы и данные электронной спектроскопии свидетельствуют о наличии в этой фракции хризена и его метилзамещенных гомологов.

Вторая фракция содержит основные компоненты с молекулярными массами 252 и 276. В области 220-450 нм электронного спектра поглощения наблюдаются

интенсивные максимумы, характерные для перилена. Таким образом, во второй фракции по данным электронной спектроскопии и масс-спектрометрии преобладают перилен и 1.12-бензперилен.

Хризены обнаружены в большинстве образцов торфов и сапропелей в количестве от 0.003 до 1.03 % на липиды. В сапропелях и верховых торфах Среднего Приобья содержание хризенов ниже, чем в торфах болотных систем других водоразделов. Наибольшее количество хризенов содержится в низинных торфах, затем следуют комплексные верховые и переходные и значительно ниже их содержание в сфагновых торфах и сапропелях. Динамика изменения содержания хризенов по глубине торфяных залежей месторождений Чистое, Карбышевское и Васюганское определяется ботаническим составом торфов и палеообстановкой. На рисунке 1 показана зависимость содержания хризенов в торфах и сапропелях от величины отношения Pr/Ph, характеризующего окислительно-восстановительные процессы в залежи.

При окислительных условиях торфообразовательного процесса хризены отсутствуют или обнаружены в малых следовых количествах. Восстановительные условия, напротив, способствуют их накоплению. Наиболее наглядно это продемонстрировано на торфяных залежах Васюганского месторождения, где окислительно-восстановительный потенциал измеряли по всей глубине залежи. Наибольшая мощность деятельного слоя с высоким окислительным потенциалом достигает 0.5 м и, как правило, в нем отсутствуют хризены.

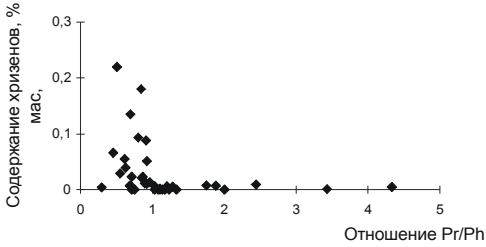


Рис. 1. Зависимость содержания хризенов от величины Pr/Ph

Значительное влияние на состав органического вещества торфа оказывает состав растений торфообразователей, подразделяемых также как и торфа на верховые, низинные и переходные типы. Произрастание тех или иных видов растений на болотах зависит от типа минерального питания и палеообстановки. Поэтому корреляционные зависимости между углеводородным составом и содержанием хризенов следует рассматривать для однотипных торфов с близким ботаническим составом. Указанный факт можно продемонстрировать на примере торфяной залежи месторождения Чистое, где до глубины 3 м торфа имеют однородный состав, представленный сфагновыми мхами: магелланикум и фускум. Содержание хризенов в этих торфах минимальное при величине соотношения $Pr/Ph > 1$. С трехметровой отметки ботанический состав торфа резко меняется, в нем присутствует до 60 % шейхцерии. Происходят изменения и в углеводородном составе этого тор-

фа, заключающиеся в увеличении количества хризенов и уменьшении величины соотношения Pr/Ph < 1. Следует отметить, что при близких отношениях Pr/Ph наблюдаются существенные колебания в содержании хризенов в торфах разного ботанического состава.

Перилены в отличие от хризенов в верховых торфах практически отсутствуют. Зато в низинных торфах и сапропелях их содержание резко увеличивается и достигает 0.32 %. Следует отметить, что содержание периленов в сапропелях выше, чем содержание хризенов. Количество перилена находится в прямой зависимости от содержания серы, а также зольности торфа и, как следствие, в обратной - от содержания липидов (рис. 2).

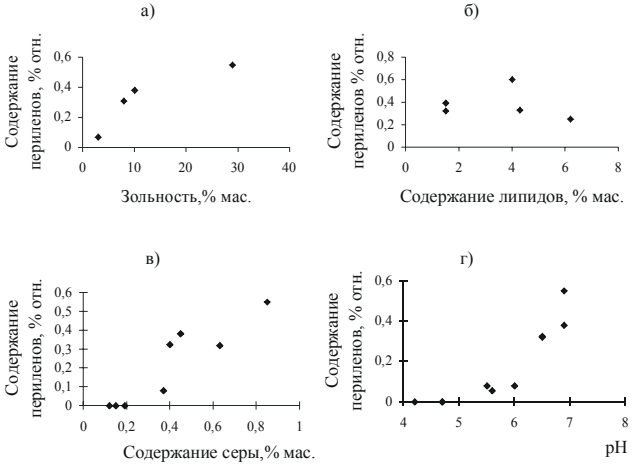


Рис. 2. Зависимость содержания периленов от содержания золы (а), липидов (б), серы (в), pH среды (г)

Непременным условием существования перилена в торфах является восстановительная обстановка, характеризуемая отношением Pr/Ph < 1. Немаловажную роль играет кислотность среды. Отмечено, что с увеличением pH среды количество периленов возрастает (рис. 2). В верховых торфах с pH 3.0-3.5 перилены отсутствуют или находятся в следовых количествах, содержание их повышается в сапропелях и низинных торфах, в которых pH составляет 5.0-6.0.

Таким образом, на основании вышесказанного можно сделать следующие выводы:

1. Полициклоароматические соединения представлены в торфах и сапропелях хризенами и периленами, причем их содержание в низинных торфах выше, чем в верховых.

2. В низинных торфах отмечено преобладание хризенов, в сапропелях - периленов, что вызвано разными условиями их образования.

Работа проводилась при содействии Американского фонда поддержки фундаментальных исследований CRDF и МО РФ.

Литература

1. Тиссо Б., Вельте Д. Образование и распространение нефти. М., 1981. 499 с. **2.** Orr W.L., Grady J.R. Perylen in basis sediments of Southen California // Geochim. Cosmochim. Acta. 1967. V 31. P.1201-1209. **3.** Wakeman S.G., Schaffner C., Giger W. Polycyclik aromatic hydrocarbous in receut lake sediment // Geochim. Cosmochim. Acta. 1980. V. 44. P. 403-413. **4.** Майншайн В.Г. Углеводороды насыщенные, ненасыщенные, ароматические // Органическая геохимия. Нью-Йорк, 1969. С. 330-365.

Aromatic hydrocarbons occurring in organic matter of peat and sapropel

A.V. Saveleva

Presented are the distributions of polycycloaromatik hydrocarbons in organic matter of peat bogs and of water basin reservoirs in the middle and south taiga zones. Chrusenes and perulenes are the most widely spread hydrocarbons. A direct dependence of chrysene content on the value of Pr/Ph ratio is shown. Perulene content correlates with pH value and content. The amount of perulene is in inverse proportion to lipids in organic matter.

ТОРФОГЕНЕЗ И ЭМИССИЯ УГЛЕКИСЛОГО ГАЗА В ОЛИГОТРОФНЫХ ТОРФЯНЫХ ЗАЛЕЖАХ

М.А. Сергеева

Томский государственный педагогический университет, labtor@mail.tomsknet.ru

В работе рассмотрены особенности распределения целлюлозоразрушающих микроорганизмов в олиготрофных торфяных залежах, распределение и эмиссия диоксида углерода.

Круговорот углерода является одним из важнейших процессов, протекающих в биосфере. Изучая круговорот углерода, можно оценить современные условия функционирования экосистем, сделать прогноз развития различных экосистем в будущем с учетом возрастающего антропогенного влияния. В проблеме углеродного баланса биосферы огромное внимание уделяется болотам [1-5]. Но при этом следует отметить, что в настоящее время проводится очень мало исследований углеродного баланса заболоченных земель. Все результаты исследований, представленные в печати, чаще всего являются разовыми и почти не встречаются сезонные мониторинговые наблюдения. В отношении Западной Сибири подобных исследований совсем мало, несмотря на то, что данный регион характеризуется большими запасами торфа и высоким содержанием депонированного углерода [6]. Томская область занимает центральную часть Западно-Сибирской равнины – крупнейшего торфяного региона мира. Заболоченность территории Томской области достигает 50 %, заторфованность – 36 %. На территории области преобладают крупные торфяные месторождения, площадью более 50 тыс. га. В целом Томская

область по типам болотных биогеоценозов, строению и мощности стратиграфического профиля торфяных залежей является представительной для Западной Сибири. Учитывая же важность изучения болот с позиций экологических, стационарные исследования являются незаменимым средством проверки практических положений и дальнейшего развития теории.

Целью данного сообщения является изучение условий образования и эмиссии CO_2 из болот олиготрофного типа на примере вегетационного периода 2004 года.

Методика исследований

Исследования проводились на территории научно-исследовательского полигона «Васюганье», расположенного в пределах Бакчарского района Томской области и относящегося по болотному районированию к Западно-Сибирской таежной болотной области бореально-атлантических выпуклых олиготрофных моховых болот активного заболачивания [7]. Ландшафтный профиль, на котором проводились исследования, пересекает следующие основные виды болотных фитоценозов: высокий рям (пункт 2), низкий рям (пункт 3) и осоково-сфагновую топь (пункт 5) [8].

На профиле были заложены пункты наблюдений за уровнем болотных вод (УБВ) и окислительно-восстановительным потенциалом. Концентрация диоксида углерода в залежи определялась "peepers"-методом [9], с последующим определением в лаборатории ИХН СО РАН на газовом хроматографе «Кристалл-2000». Учет выделяющегося из почвы CO_2 проводили абсорбционным методом по В.И. Штатнову в модификации Б.Н. Макарова [10]. Определение численности целлюлозоразрушающей микрофлоры проводилось по методикам Института микробиологии РАН.

Результаты исследований

Основную массу органического вещества торфов составляют растения. Разложение растительных остатков происходит в основном благодаря жизнедеятельности микроорганизмов и составляет основу процесса торфообразования. Химический состав растений определяет скорость и характер разложения тех или иных видов. При этом придается особое значение разным компонентам, входящим в состав растительных тканей. Наиболее распространенный полисахарид растительного мира – целлюлоза, поэтому обратим внимание на соответствующие группы органического вещества торфа исследуемых объектов и распределение целлюлозоразрушающих микроорганизмов. Из группового состава рассмотрим легкогидролизуемые и трудногидролизуемые вещества. В торфяных залежах ландшафтного профиля легкогидролизуемые вещества составляют 2.5-15 % от $C_{общ}$. Трудногидролизуемых, как правило, еще меньше – 0.6-12 %. Меньше всего гидролизуемых соединений, отожествляемых обычно с углеводами, содержится в торфяной залежи высокого ряма. В целом, можно отметить закономерность: вниз по профилю содержание углеводов закономерно снижается вместе с увеличением степени разложения, что объясняется длительностью периода торфогенеза (табл. 1). Эта закономерность прослеживается и в распределении микроорганизмов по стратиграфии торфяной залежи.

Таблица 1

Характеристика торфяных залежей пунктов наблюдений

Глубина отбора, см	Вид торфа, тип залежи	Степень разложения, %	$С_{общ.}$	ЛГ	ТГ
				% от $С_{общ.}$	
Высокий рям					
0-25	сосново-пушицево-сфагновый, В	45-50	45.0	6.0	2.18
25-50	древесно-пушицевый, П	55-50	49.06	2.57	0.71
50-75	древесно-пушицевый, П	55-60	47.12	3.06	0.62
75-100	древесно-пушицевый, П	55-60	43.32	2.49	0.83
Низкий рям					
0-50	фускум торф, В	0-5	42.16	9.46	10.37
50-100	медиум торф, В	0-5	5.39	11.0	12.04
100-150	медиум торф, В	10	48.96	5.11	6.59
150-200	сосново-пушицево-сфагновый, П	50-55	46.13	4.74	1.4
200-250	осоковый, Н	40-45	47.73	8.97	0.8
250-300	осоково-папоротниковый, Н	40-45	31.27	3.81	1.38
Осоково-сфагновая топь					
0-50	сфагновый мочажинный, В	15	43.15	11.11	10.16
50-100	сфагновый мочажинный, В	20	42.50	11.16	9.13
100-150	осоково-сфагновый, П	35	46.45	4.98	3.84
150-200	осоковый, П	50-55	49.16	4.06	1.47
200-250	травяной, Н	50	47.73	5.99	1.47
250-275	папоротниковый, Н	50	39.93	4.29	1.35

Примечание: $С_{общ.}$ – общее содержание углерода; ЛГ – легкогидролизуемые вещества; ТГ – трудногидролизуемые вещества.

Так суммарная численность целлюлозоразрушающих микроорганизмов с глубиной падает, соответственно изменяется содержание легкогидролизуемых веществ. Например, в условиях осоково-сфагновой топи содержание ЛГ веществ снижается с 11.11 до 4.29 % от $С_{общ}$, ТГ – с 10.16 до 1.35 % от $С_{общ}$. При этом содержание целлюлозоразрушающих микроорганизмов снижается с 77.98 до 64.67 тыс. кл/г торфа. При этом следует отметить, что аэробов с глубиной становится значительно меньше, а численность анаэробов увеличивается, что обусловлено повышенной обводненностью субстрата (рис. 1).

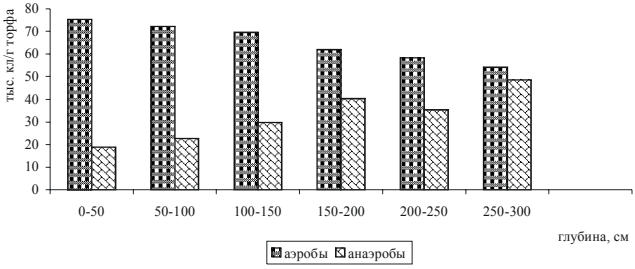


Рис. 1. Распределение целлюлозоразрушающих микроорганизмов в условиях осоково-сфагновой топи

По общему содержанию целлюлозоразрушающих микроорганизмов пункты наблюдений различаются и их можно расположить в порядке уменьшения в следующий ряд: низкий рям (103.68 тыс. кл/г торфа), осоково-сфагновая топь (71.5 тыс. кл/г торфа) и высокий рям (66.13 тыс. кл/г торфа). Аналогичная ситуация наблюдается в распределении анаэробов. В распределении численности аэробов такой закономерности не отмечается.

Рассмотрим динамику микроорганизмов в течение вегетационного периода 2004 года. В целом следует отметить, что численность целлюлозоразрушающих микроорганизмов изменялась незначительно. Очевидно, это обусловлено УБВ. Несмотря на то, что за период исследований распределение осадков было неравномерным, (максимальное количество выпало в июле, минимальное в мае) уровни поддерживались близко к поверхности и только на высоком ряме опускались до глубины 20-30 см (рис. 2). Невысокая численность целлюлозоразрушающих микроорганизмов в мае на всех пунктах наблюдения, вероятно, связана с низкой температурой торфяной залежи, которая еще не успела прогреться.

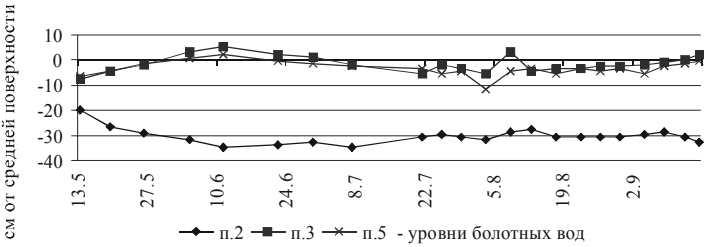


Рис. 2. Динамика уровней болотных вод

В распределении микроорганизмов по профилю с учетом типа залежи отмечается общая закономерность: наименьшая численность целлюлозоразрушающих микроорганизмов характерна для залежи низинного типа. Залежь верхового типа характеризуется наибольшим содержанием данной группы микроорганизмов. Вероятно, это также связано с концентрацией углеродсодержащих веществ. Залежь низинного типа с высокой степенью разложения, содержит минимальное количество ЛГ и ТГ веществ, что приводит к незначительному развитию данной группы микроорганизмов по сравнению с торфяной залежью верхового типа.

В процессе торфогенеза основным продуктом разложения целлюлозы является диоксид углерода. Представляет интерес рассмотреть активность процесса CO_2 по всей глубине торфяной залежи и в условиях разных олиготрофных ландшафтов (табл. 2). Наибольшие значения концентрации диоксида углерода характерны для придонных слоев. Причем если рассматривать распределение CO_2 по пунктам, можно отметить, что в условиях высокого ряма на глубине 110 см содержание газа выше чем в других пунктах на такой же глубине и сравнимо с концентрацией на глубине 250 см в условиях низкого ряма и осоково-сфагновой топи. Вероятно это связано с тем, что для залежи высокого ряма характерно более высокое содержание ЛГ веществ, поэтому даже при значительно невысоком содержании микроор-

Таблица 2

Концентрация метана в торфяной залежи, ммоль/л

Глубина, см	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь
Высокий рям					
54	не опр.	0.00	0.00	0.01	0.00
113	не опр.	0.11	0.14	0.14	0.20
Низкий рям					
54	0.19	0.00	0.00	0.00	0.00
113	0.19	не опр.	0.15	0.16	0.18
173	0.33	0.14	0.31	0.29	0.23
233	0.25	0.20	0.41	0.35	0.40
286	0.28	0.29	не опр.	0.34	0.35
Осоково-сфагновая топь					
54	0.14	0.11	0.0	0.10	0.04
113	0.35	0.16	0.08	0.08	0.15
173	0.40	0.18	0.40	0.23	0.28
233	0.40	0.52	0.43	0.39	0.40
286	0.28	0.41	0.40	0.45	0.41

ганизмов процесс образования CO_2 здесь идет несколько активнее. Этим также можно объяснить распределение диоксида углерода в других пунктах. Верхние слои характеризуются высоким содержанием как ЛГ, так и ТГ веществ. На глубине 150 см и ниже содержание ТГ веществ падает, в связи, с чем субстрат становится более благоприятным для развития микрофлоры.

Проследим активность CO_2-образования в условиях разных олиготрофных ландшафтов. Наибольшая концентрация газа характерна для осоково-сфагновой топи. Вероятно, это связано с более высоким содержанием гидролизуемых веществ в залежи и в частности ЛГ. Незначительные изменения уровня воды в течение вегетационного периода 2004 года, приводят к тому, что численность целлюлозоразрушающих микроорганизмов почти не изменяется и, следовательно, концентрация диоксида углерода остается стабильной в течение всех месяцев наблюдений.

Результирующей процесса разложения органического вещества является эмиссия CO_2 в атмосферу. Следует отметить, что натурных оценок потока CO_2 в атмосферу из торфяных болот сравнительно мало. Согласно результатам исследований [11-14], с 1 $м^2$ поверхности естественных и антропогенных болот может быть выделено от 87 до 2565 мг CO_2. Такой большой разброс в значениях величины потока CO_2 объясняется неодинаковыми условиями торфообразования и использованием разных методов учета эмиссии.

Согласно нашим исследованиям, за период наблюдений на всех пунктах отмечается увеличение эмиссии диоксид углерода в июле, августе и сентябре, что может быть связано с небольшим понижением УБВ в этих месяцах и, следовательно, малому растворению данного газа в воде. По профилю наибольшая эмиссия отмечается на высоком ряме (от 56.8 до 121.0 мг/$м^2$ч), затем следует низкий рям и осоково-сфагновая топь (от 20.5 до 87.9 мг/$м^2$ч) (рис. 3). Это противоречит распределению диоксида углерода в торфяной залежи, но может быть объяснено уровнем болотных вод. Для пункта 5 и пункта 3 характерен высокий уровень воды,

следовательно происходит растворение CO_2 в воде, в условиях пункта 2 основная часть газа выделяется в атмосферу.

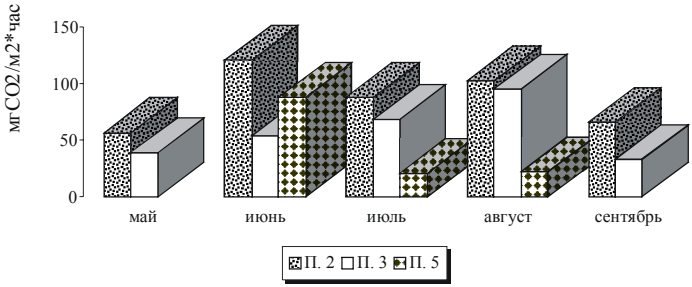


Рис. 3. Эмиссия диоксида углерода с поверхности олиготрофного болота

Из всего вышеизложенного следует, что распределение целлюлозоразрушающих микроорганизмов зависит от органического вещества торфяной залежи и УБВ. Образовавшийся, в результате деятельности микрофлоры, диоксид углерода в зависимости от уровня воды или выделяется в атмосферу или происходит его накопление в торфе.

Работа выполнена под руководством чл.-корр. РАСХН., д.с.-х.н., проф. Л.И. Инишевой.

Работа выполнена при финансовой поддержке Федерального агентства по образованию (проект № А 04-2.13-1071).

Литература

1. Граб М., Вролик К., Брэк Д. Киотский протокол. Анализ и интерпретация. М., 2001. 303 с. **2.** Вомперский С.Э., Цыганова О.П., Ковалев А.Г., Глухова Т.В., Валяева Н.А. Заболоченность территории России как фактор связывания углерода // Круговорот углерода на территории России. М., 1999. С. 127-179. **3.** Боч М.С., Кобак К.И., Кольчугина Т.П., Винсон Т. Содержание и скорость аккумуляции углерода в болотах бывшего СССР // Бюлл. МОИП. Отд. биол. 1994. Т. 99. Вып. 4. С. 59-69. **4.** Tolonen K., Turunen J., Vasander H., Hogne J. Rate of carbon accumulation in boreal mires//The Finnish Research Program on Climate Change. Second Progress Report. Helsinki. 1994. P. 287-302. **5.** Maltby E., Immerzi C.P. Carbon dynamics in peatlands and other wetland soil: regional and global perspectives // Chemosphers. 1993. V. 27. P. 999-1023. **6.** Кобак К.И., Боч М.С., Кранкина О.Н. Роль болот в углеродном цикле (на примере Ленинградской области) // Сборник материалов Третьей Научной Школы «Болота и Биосфера». Томск. 2004. 274 с. **7.** Лисс О.Л., Абрамова Л.И., Аветова Н.А., Березина Н.А. и др. Болотные системы Западной Сибири и их природоохранное значение. Тула, 2001. 584 с. **8.** Васюганское болото (природные условия, структура и функционирование) // Под ред. Л.И. Инишевой. Томск. 2000. 136 с. **9.** Steinmann Ph., Shotyk W. Sampling anoxic pore water in peatlands using ‘’peepers’’ for in situ-filtration // Fresenius J. Anal. Chem., 1996. P. 709-713. **10.** Макаров Б.Н. Упрощенный метод определения дыхания почвы (биохимической активности) // Почвоведение. 1957. № 9. С. 119-122. **11.** Кобак К.И. Биотические компоненты углеродного цикла. СПб., 1988. 246 с. **12.** Moore T.R., Knowles R. Methane and carbon dioxide evolution from subarctic fens // Can. J. Soil Sci. 1987. № 67. P. 77-81. **13.** Silvola I. Carbon

dioxide dynamics in mires reclaimed for forestry in eastern Finland // An. Bot. Fenn. 1986. V. 23. P. 59-67. **14.** Weider K., Novac M., Schell W.R., Phodes T. Rates of peat accumulation over the past 200 year in the five Sphagnum-dominated peatlands in the United States // J. Paleolimmology. 1994. № 12. P. 18-23.

Peat genesis and CO_2 emission in oligotrothic peat deposit

M.A. Sergeeva

Distribution microorganisms of cellulose decomposition, distribution and emission CO_2 of oligotrophic peat deposit are shown in the work.

ИЗУЧЕНИЕ ДЛИТЕЛЬНОСТИ ДЕЙСТВИЯ КОРЫ И ОРГАНОМИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ НА ЕЕ ОСНОВЕ

О.А.Ульянова[1], М.В.Луганцева[2], А.С.Нечаева[2], Ю.Г.Шаталова[2]

[1]Институт химии и химической технологии СО РАН, г. Красноярск, maestro1964@mail.ru

[2]Красноярский государственный аграрный университет

Работа посвящена нетрадиционным видам удобрений, полученных на основе местных отходов лесной отрасли - коры и озерных отложений - сапропеля. Приведены данные содержания подвижных органических веществ в коре и удобрениях. Изучено действие и последействие коры, коромінеральных и коромінеральносапропелевых удобрений в севообороте: кукуруза-пшеница-овес.

Минеральные и органические удобрения являются основным источником питательных элементов для растений. Они оказывают многостороннее действие на свойства и плодородие почв [1]. Однако в настоящий период применение удобрений резко сократилось. При этом вынос питательных веществ из почвы с урожаем и сорняками в 5-7 раз превышает их поступление с минеральными удобрениями [2]. По данным О.А. Сорокиной [3] на пашне Красноярского края вносится в 2.5–3 раза меньше удобрений, чем в среднем по России. Динамика применения удобрений (по годам внесения) имеет однонаправленный убывающий характер. Это связано с отсутствием государственной поддержки сельхозпроизводителей, их неплатежеспособностью. В связи с этим возрос интерес к использованию местных агроруд и отходов промышленности, пригодных для приготовления удобрений на их основе. Наличие в Красноярском крае огромных запасов таких отходов промышленности как кора и большой сырьевой базы сапропелевых ресурсов привело авторов к разработке на их основе нетрадиционных коромінеральных и коромінеральносапропелевых удобрений для сельского хозяйства. Химический состав, свойства коры и сапропеля, а также возможность их использования для производства удобрений показаны в публикациях [4, 5].

Цель исследований – оценить действие и последействие коры и удобрений, полученных на ее основе в севообороте: кукуруза-пшеница-овес.

Методика исследований

Подготовку полученной с Енисейского целлюлознобумажного комбината осиновой коры начинали с сушки. Затем кору измельчали в шаровой мельнице до частиц размером 3-5 м. Короминеральные удобрения (КМУ) готовили на основе измельченной коры с добавлением в нее 1.5 мочевины ($N_м$) и 0.25 суперфосфата ($P_с$) на сухую массу коры. Короминеральносапропелевые удобрения (КМСУ) подготовили путем смешивания коры с $N_м$ (1.5 на с.м.), $P_с$ (0.25 на с.м.) и сапропеля озера Малый Кызыкуль в соотношении 2:1. Влажность в полученных смесях поддерживали на уровне 60 от полной влагоемкости на протяжении всего периода компостирования. О начале процесса компостирования свидетельствовало повышение температуры до 45^0C. При снижении температуры, указывающей на затухание жизнедеятельности микроорганизмов из-за недостатка кислорода, осуществляли ворошение компостируемых смесей для их аэрирования. Общая продолжительность компостирования составила пять месяцев. Полученные смеси использовали для вегетационно-полевого опыта, который заложили на стационаре Красноярского государственного аграрного университета, расположенного в Красноярской лесостепи (56^0 с.ш.). Опыт был заложен в сосудах без дна, диаметром 50 м и высотой 60 м. Схема опыта включала следующие варианты: 1) почва (без внесения удобрений) – контроль; 2) почва + кора осины (пролежавшая 5 месяцев без каких-либо добавок); 3) почва + короминеральное удобрение; 4) почва + короминеральносапропелевое удобрение. Кору и удобрения вносили в почву весной единожды перед посевом первой культуры (2002 г. – кукуруза; 2003 г. – пшеница; 2004 г. – овес) в дозах 150 и 300 т/га. Повторность опыта 4-х кратная. Почва - чернозем обыкновенный маломощный малогумусный тяжелосуглинистый с содержанием гумуса – 4.0 %, pH вод. – 7.5. В начале процесса компостирования смесей и по окончании провели отбор проб на химический и фракционный анализ. В пробах определяли содержание углерода органического вещества ($C_{орг}$) – по Тюрину и углерод подвижного органического вещества ($C_{пов}$) – методом бихроматной окисляемости - из одной навески пробы последовательно: водорастворимый углерод ($C_{вод}$), щелочногидролизуемый (C_{NaOH}), в том числе $C_{гк}$ и $C_{фк}$ [6]. Общий азот, фосфор, калий определяли методом БИК-спектроскопии, легкогидролизуемый азот - методом Корнфильда [7]. Полученные результаты исследования были обработаны статистически, методом дисперсионного анализа [8].

Результаты исследований

Агрохимическая характеристика коры и органоминеральных удобрений, полученных на ее основе, представлена в таблице 1. Результаты исследований показали, что максимальное содержание органического вещества было в коре осины (41 %), что обусловлено ее химическим составом. Внесение минеральных удобрений в кору не оказало существенного влияния на этот показатель. Но следует отметить низкое содержание $C_{орг}$ в КМСУ, что связано с составом самого удобрения. Как видим, в процессе компостирования коры с минеральными удобрениями и сапропелем на статистически значимые величины снизилась кислотность, увеличилось валовое содержание фосфора, калия и азота, уменьшилось отношение C:N,

повысилось в 2.9-3.7 раза содержание легкогидролизуемого азота по сравнению с исходной осиновой корой.

Оценивая полученные данные по содержанию подвижных водорастворимых веществ, следует сказать о максимальном их количестве в коре. Их доля в составе $C_{орг}$ была достоверно выше, чем в других вариантах (табл. 2). В составе подвижного органического вещества кородоминерального удобрения преобладали щелочногидролизуемые соединения, в то же время содержание водорастворимых соединений в этом удобрении и их доля от $C_{орг}$ была достоверно ниже, чем в коре осины. Это, по-видимому, было связано со вспышкой микробиологической активности при компостировании и интенсивной минерализацией этой легкодоступной для микроорганизмов фракции. Доля щелочногидролизуемой фракции в составе кородоминеральносапропелевого удобрения была ниже в 1.3 раза по сравнению с корой и в 1.6 раза по сравнению с кородоминеральным удобрением. Отношение $C_{гк}$:$C_{фк}$ статистически не отличалось между вариантами.

Таблица 1

Агрохимическая характеристика коры и органоминеральных удобрений на ее основе

Вариант	Показатель						
	$C_{орг}$, %	$pH_{вод}$	Валовые, %			Легкогидролизуемый азот по Корнфильду, мг/кг	C:N
			N	P_2O_5	K_2O		
Кора осины	41.0	5.10	0.41	0.14	0.29	447	98
КМУ	40.6	6.45	1.54	0.33	0.65	1661	26
КМСУ	24.5	6.93	1.77	0.25	0.50	1316	13
$НСР_{05}$	1.4	0.08	0.10	0.01	0.13	103	не опр.

Таблица 2

Содержание подвижных органических веществ в коре и в органоминеральных удобрениях

Вариант	$C_{орг}$, мг/100 г	$C_{пов}$, мг/100 г			% $C_{орг}$		
		$C_{вод}$	C_{NaOH}	$C_{гк}$:$C_{фк}$	$C_{вод}$	C_{NaOH}	$C_{пов}$
Кора осины	41370	151	4365	1.50	0.36	10.6	10.42
КМУ	40644	87	5263	1.79	0.21	12.9	13.11
КМСУ	24491	12	3246	1.67	0.05	13,3	13.35
$НСР_{05}$	1373	42	277	0.44	0.12	1.0	не опр.

Критерием оценки агрономической эффективности удобрений может служить урожайность сельскохозяйственных культур. Проведенные исследования выявили высокую эффективность применения полученных нами удобрений, особенно, в первый год их действия (табл. 3). Результаты исследований показали, что КМУ внесенное в чернозем обыкновенный в дозе 150 т/га способствовало статистически значимому приросту урожая культур к контролю в г/м^2: кукурузы – 653; пшеницы – 60; овса – 61. Применение двойной дозы этого удобрения обеспечило достоверную прибавку только урожая початков кукурузы (1633 г/м^2)в первый год их действия. Отмеченный прирост урожая зерна пшеницы и овса статистически не был доказан. Внесение в почву кородоминеральносапропелевых удобрений обеспе-

чило достоверные прибавки урожая початков кукурузы 200 и 952 % соответственно дозам внесения, при этом увеличение дозы внесения в 2 раза, прибавка урожая початков кукурузы выросла в 4.8 раза. Отметили тенденцию роста урожая и зерновых культур при использовании КМСУ в 1-й и во 2-й год последействия, но на статистически незначимые величины. Низкий урожай зерновых культур на контроле и отсутствие достоверных прибавок с применением удобрений, возможно, было связано с гидротермическими условиями года выращивания зерновых культур. Недостаток влаги в начальный период вегетации оказался лимитирующим фактором формирования урожайности культур. Отсутствие урожая початков кукурузы в варианте с применением некомпостированной коры обусловлено иммобилизацией азота из почвы для разложения коры, а не для питания выращиваемых растений. Тенденция получения прибавки урожаев зерновых культур в последействии в этом варианте свидетельствовала о трансформационном процессе коры в течение 3-х лет.

Таблица 3

Действие и последействие коры и органоминеральных удобрений на урожайность культур на черноземе обыкновенном Красноярской лесостепи

Варианты		Действие		Последействие			
		Кукуруза, початки	Прибавка к контролю	Пшеница сорт Ветлужанка, зерно	Прибавка к контролю	Овес сорт Мутант, зерно	Прибавка к контролю
		г/м^2					
Почва (контроль)		167		43		77	
Почва + кора	150 т/га	0	0	51	+8	94	+17
	300 т/га	0	0	17	-26	82	+5
Почва + КМУ	150 т/га	820	+653	103	+60	138	+61
	300 т/га	1800	+1633	73	+30	105	+28
Почва + КМСУ	150 т/га	367	+200	60	+17	87	+10
	300 т/га	1119	+952	53	+10	128	+51
$НСР_{05}$		119	не опр.	40	не опр.	61	не опр.

Как видно из таблицы 3, коромінеральные удобрения оказались эффективнее коромінеральносапропелевых. По-видимому, это обусловлено тем, что основные элементы питания в сапропеле находятся в труднодоступной растениям форме, с КМСУ в почву поступило большее количество общего азота по сравнению с КМУ, но легкогидролизуемого азота больше было внесено с КМУ. К тому же применение КМУ в почву приводило к достоверному снижению ее плотности, улучшению ее водно-физических свойств. Все эти факторы положительно повлияли на получение более высокого урожая выращиваемых культур именно в этом варианте.

Таким образом, исследования показали, что малоиспользуемые крупнотоннажные отходы деревообрабатывающих предприятий совместно с минеральными добавками, а также и с озерными отложениями – сапропелем могут быть использова-

ны в качестве эффективных удобрений. Наибольший эффект от внесения КМУ и КМСУ в почву был получен в год их внесения под кукурузу, тенденция прироста урожая зерна пшеницы и овса сохранилась и в последействии: на 2-й и 3-й год наблюдений, но статистически прирост урожая культур не был доказан. Использование коры без дополнительных добавок возможно, но после 2-х летней выдержки.

Авторы благодарят И.В. Люкшину и С.В. Корабельникову за участие в проведении опытов.

Литература

1. Минеев В.Г. Экологические проблемы агрохимии. М., 1988. 285 с. **2.** Державин Л.М. Современное состояние использования удобрений в России // Агрохимия. 1998. № 3. С. 5-12. **3.** Сорокина О.А., Куприна Т.И. Анализ поступления минеральных удобрений в районы края в зоне деятельности объединения «КоркиноАгропромхимия» // Вестник КрасГАУ. 2000. .№ 6. С. 119-122. **4.** Чупрова В.В., Ульянова О.А., Кулебакин В.Г., Люкшина И.В. Получение и использование перспективных органических удобрений на основе древесной коры и сапропелей // Высокие технологии добычи, глубокой переработки и использования озерно-болотных отложений / Тез. докл. Межд. науч.-прак. конф. Томск, 2003. С. 173-174. **5.** Мукина Л.Р., Рыбкина Т.П., Самокрайняя А.Н., Зимин О.В. Эффективность органических и органоминеральных удобрений на основе озерно-болотных отложений // Высокие технологии добычи, глубокой переработки и использования озерно-болотных отложений / Тез. докл. Межд. науч.-прак. конф. Томск, 2003. С. 151-153. **6.** Аринушкина Е.В. Руководство по химическому анализу почв. М., 1970. 478 с. **7.** Агрохимические методы исследования почв. М., 1975. 656 с. **8.** Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. М., 1979. 416 с.

The study of prolonged effect of bark and barkmineral fertilizers on its basis

O.A. Ulyanova, M.V. Lugantseva, A.S. Nechaeva, Yu.G. Shatalova

This work is dedicated to non-traditional fertilizers, obtained by basis of bark and sapropel. The date of contain mobil organic material in bark and fertilizer was shown. The effect and after-effect of bark, barkmineral and barkmineralsapropel fertilizer of crop rotation: maize-wheat-oat was study.

ВЛИЯНИЕ НОВЫХ ВИДОВ ТОРФЯНЫХ УДОБРЕНИЙ НА СВОЙСТВА СЕРОЙ ЛЕСНОЙ ПОЧВЫ И УРОЖАЙ ВЕГЕТАТИВНОЙ МАССЫ ПШЕНИЦЫ

Е.В. Фролова[1], Л.В. Селезнёва[2]

[1]Сибирский НИИ торфа СО РАСХН, г. Томск, Sibniit@mail.tomsknet.ru

[2]Томский государственный университет

Исследовано влияние торфяных удобрений на агрохимические свойства серой лесной оподзоленной почвы в вегетационном опыте с пшеницей. Приведены результаты по определению физиологической активности водных почвенных экстрактов, интенсивности выделения CO_2 из почвы в качестве показателей биологической активности. Установлено

наиболее благоприятное сочетание удобрений для повышения содержания элементов питания и увеличения вегетативной массы пшеницы с применением их на минеральном фоне.

На территории Томской области наиболее распространёнными почвами являются серые лесные оподзоленные. Эти почвы располагаются на повышенных участках междуречий и наиболее полно используются в сельскохозяйственном производстве, составляя почти 38 % всего земельного фонда. Интенсификация земледелия очень часто приводит к уменьшению содержания гумуса и ухудшению свойств пахотных горизонтов серых лесных почв. Важнейшим фактором повышения плодородия почв является применение органических удобрений. Ценность органических удобрений заключается в том, что они способны повышать плодородие почвы и улучшать питание растений [1].

С давних времен основными видами органических удобрений являются навоз различного типа, зелёные удобрения, птичий помёт. Кроме этого, также используются излишки соломы, сапропели, отходы коммунального хозяйства и многие другие. Количество накапливаемых отходов общественного животноводства не удовлетворяет в настоящее время потребности их в земледелии. Встают задачи увеличения производства и применение органических удобрений за счёт дополнительной мобилизации природных источников, основным резервом которых являются торфяные ресурсы. На территории Томской области находятся значительные запасы торфа, богатого гуминовыми кислотами и различными химическими соединениями. Поэтому в Сибирском научно-исследовательском институте торфа разрабатываются методики получения новых торфяных удобрений. Нами были получены биохимически (ТУ) и микробиологически (БУ) активированные торфа.

Биохимическая активация осуществлялась аммонизацией торфов мочевиной, разлагающейся под действием специально разработанного биокатализатора на основе торфосодержащих материалов. Микробиологическое активирование торфа проводилось введением в их состав микробного сообщества, которое усиливает интенсивность протекания процессов минерализации и трансформации органического вещества почвы.

Особенно актуально использование удобрений из торфа на низкоплодородных почвах подтаёжной зоны Томской области, которые позволяют не только повысить урожай сельскохозяйственных культур и его качество, но и положительно повлиять на агрохимические свойства почв. Поэтому целью данной работы явилось определение влияния новых видов торфяных удобрений на свойства серой лесной оподзоленной почвы и установление оптимального количества внесения данных удобрений для получения высокого прироста вегетативной массы пшеницы из вегетационного опыта.

Методика исследований

Объектом исследования явилась серая лесная обычная оподзоленная тяжелосуглинистая почва, расположенная в типичных условиях зоны подтайги Томского Приобья. Содержание гумуса в пахотном горизонте 4.3 %; pH сол. – 5.0; подвижного P_2O_5 – 16.1 мг/100г; обменного K_2O – 10.4 мг/100г почвы.

На данной почве был заложен вегетационный опыт по изучению влияния органических удобрений из торфа на свойства почвы и урожай вегетативной массы пшеницы в шестикратной повторности. Схема опыта: 1) контроль - без удобрений; 2) $N_{60}P_{60}K_{60}$-

минеральный фон; 3) ТУ – 5 т/га; 4) ТУ – 10 т/га; 5) БУ - 10 т/га; 6) БУ - 20 т/га; 7) фон + ТУ - 5 т/га; 8) фон + ТУ - 10 т/га; 9) фон + БУ - 10 т/га; 10) фон + БУ - 20 т/га.

В опыте использовалась пшеница сорта Новосибирская-15 (яровая, средняя урожайность зерна 22.9 ц/га). Период вегетации составляет 83 дня. Устойчивость к полеганию по 10-ти бальной шкале – 5 баллов. Данный сорт не поражается пыльной головней, поражение шведской мухой составляет 64 %. Содержание сырой клейковины в зерне до 32.1, по сравнению с другими сортами, очень высокое [2].

Сравнительный анализ эффективности применения разных удобрений проводился по изменению агрохимических свойств почв, биологической активности почв, физиологической активности водных экстрактов из почвы и урожая вегетативной массы пшеницы, определяемых в конце вегетационного периода.

Валовое содержание элементов в торфе, на основе которого были произведены органические торфяные удобрения, следующее: 36.9 % на а.с.в., азота – 1.9 %, фосфора – 1.1 % и калия – 0.1 %. Агрохимический состав активированных торфов и состав водной вытяжки из них приведены в таблице 1.

Таблица 1

Агрохимический состав активированных торфов и показатели водной вытяжки из них

Вид удобрения	Агрохимический состав удобрений					Состав водной вытяжки из удобрений (1:50)				
	pH	N-NH_4	N-NO_3	P_2O_5	K_2O	Сухой остаток	Прокал. остаток	Св.р. мг/кг	ФК	ГК
		мг/кг				%			мг/л	
Торф исходный	6.6	73.77	7.43	4.72	79.29	0.006	0.0008	442.0	9.91	0.87
БУ	6.9	55.11	59.73	59.73	45.93	0.010	0.00155	481.5	8.14	1.02
ТУ	7.6	2037.8	67.63	67.63	41.77	0.035	0.00180	467.0	51.3	30.8

Примечание: Св.р. – углерод водорастворимый по Тюрину; БУ - микробиологически активированный торф; ТУ - биохимически активированный торф.

Закладка вегетационных опытов проводилась согласно [3]. Масса почвы в каждом сосуде – 1.5 кг; площадь сосуда – 0.0177 м^2; способ внесения органических и минеральных удобрений – равномерное смешивание со всей массой почв; влажность в сосудах поддерживалась на уровне 60 % от полной влагоёмкости; количество растений пшеницы – 10 штук. Длительность вегетационного опыта – 3 месяца.

Анализ образцов почвы проведен по общепринятым методикам [4]. Содержание водорастворимого углерода в почвенной вытяжке определяли по Тюрину [5], гуминовых и фульвокислот [6]. Физиологическая активность водных экстрактов из почвы оценивалась биотестированием по методу «водных культур» [7, 8]. Биологическая активность определялась методом Штатнова [9, 10].

Результаты исследований

Различные виды и дозы органических удобрений по-разному повлияли на свойства почвы. По вариантам опыта неизменной остались обменная кислотность почв и содержание гумуса. Такие показатели как сумма поглощённых оснований, ёмкость

поглощения, степень насыщенности основаниями также существенно не изменились и остались приблизительно на уровне контрольного варианта.

Из основных элементов питания для растений в исследуемой почве наибольшее содержание нитратного азота наблюдается в вариантах при использовании активированных торфов на минеральном фоне, что, очевидно, свидетельствует о более интенсивном протекании процесса нитрификации, который ведёт к накоплению нитратного азота. Повышенное количество аммиачного азота отмечается в вариантах с биохимически активированными торфяными удобрениями на минеральном фоне, что зависит от интенсивности протекания процесса денитрификации. Внесение активированных торфов без минеральных удобрений значительных увеличений в содержании аммиачного азота не обеспечивает (табл. 2).

Таблица 2

Агрохимические свойства серой лесной оподзоленной почвы

Вариант опыта	$N\text{-}NH_4$	$N\text{-}NO_3$	P_2O_5	K_2O
	мг/100г почвы			
1. Контроль	1.18	3.61	11.94	8.79
2. $N_{60}P_{60}K_{60}$	1.42	7.58	21.43	13.01
3. ТУ - 5 т/га	0.92	4.63	16.21	8.74
4. ТУ - 10 т/га	1.00	4.23	16.18	770
5. БУ - 10 т/га	1.11	4.15	12.32	7.19
6. БУ - 20 т/га	1.13	3.77	11.67	5.83
7. Фон + ТУ - 5 т/га	1.24	6.63	13.21	13.20
8. Фон + ТУ - 10 т/га	1.45	7.55	11.63	15.76
9. Фон + БУ - 10 т/га	1.14	7.39	16.98	17.92
10. Фон + БУ - 20 т/га	1.02	7.22	17.05	20.01

Примечание: БУ - микробиологически активированный торф; ТУ - биохимически активированный торф.

Относительно содержания подвижного фосфора следует подчеркнуть, что наибольшие его величины характерны для вариантов с микробиологически активированными торфами в дозах 10 и 20 т/га в сочетании с минеральными удобрениями, а также в вариантах с применением биохимически активированных торфов. Видимо, это объясняется тем, что в данных условиях хорошо развиваются и функционируют фосфатрастворяющие микроорганизмы, которые своей жизнедеятельностью повышают количество подвижного фосфора. При внесении микробиологически активированных торфов без минерального фона незначительно снижается его содержание, что свидетельствует о закреплении фосфора органическим веществом удобрений.

Количество обменного калия в контрольном варианте составляет 8 мг/100г почвы. Микробиологически активированные торфяные удобрения не существенно снижают его содержание за счёт вовлечения в необменное состояние, а на фоне минеральных удобрений – заметно увеличивают (до 18-20 мг/100г почвы).

Таким образом, для повышения содержания питательных элементов в почве лучше применять активированные торфа в сочетании с минеральными удобрениями.

В вегетационном опыте также проводилось определение показателя «дыхание почвы». Под «дыханием» почв понимают выделение почвой в приземный слой воздуха углекислоты на единицу площади в единицу времени [11]. Общее количество углекислоты складывается из нескольких статей: дыхание корней и живых организмов, за счет минерализации до конечных продуктов подстилки, отмерших подземных органов растений, мертвых организмов, и минерализации гумусовых веществ. Следовательно, дыхание почв - интегральный показатель. Вклад каждого источника зависит от массы органического вещества, его состава, и интенсивности трансформации или процессов метаболизма. Активность дыхания почв определяется составом и биомассой сообщества микроорганизмов, участвующих в трансформации органического вещества. Опыты Д. Г. Звягинцева [12] с почвами одного типа, но с разной биологической активностью микроорганизмов показали существенные изменения интенсивности выделения углекислоты. Поэтому решающая роль в продуцировании углекислоты почвой принадлежит биологическим факторам, и, следовательно, интенсивность выделения углекислоты из почвы может характеризовать интенсивность биологических процессов в ней. Вследствие этого интенсивность дыхания почвы служит одним из показателей биологической активности.

Дыхание исследуемой почвы в вегетационном опыте в контрольном варианте составляет 51 мг/м^2 ·час. Микробиологически активированные торфа в чистом виде и на минеральном фоне увеличивают данный показатель до 56-60 мг/м^2 ·час. Вероятно, это обусловлено повышенной жизнедеятельностью микроорганизмов в данных вариантах, более интенсивным протеканием процессов метаболизма и трансформации органического вещества почвы, поскольку изначально именно эти торфяные удобрения характеризуются введением в их состав микробного сообщества.

Влияние различных доз органических удобрений из торфа определялось и по действию водной вытяжки из почвы на рост и развитие зелёной массы и корневой системы растений пшеницы. Наиболее благоприятные условия для роста зелёной

Таблица 3

Физиологическая активность водных экстрактов из серой оподзоленной почвы

Вариант опыта	**Зелёная масса**		**Корневая масса**	
	Масса 10 растений, г	**% к контролю**	**Масса 10 растений, г**	**% к контролю**
1. Контроль	0.19276	100	0.05571	100
2. $N_{60}P_{60}K_{60}$	0.21179	110	0.05915	106
3. ТУ - 5 т/га	0.19037	99	0.05813	104
4. ТУ - 10 т/га	0.17581	91	0.05379	97
5. БУ - 10 т/га	0.19120	99	0.05926	106
6. БУ - 20 т/га	0.19149	99	0.05448	98
7.Фон+ТУ - 5т/га	0.21025	109	0.05810	104
8.Фон+ТУ- 10т/га	0.22394	116	0.05911	106
9.Фон+БУ- 10т/га	0.21771	113	0.06758	121
10.Фон+БУ - 20т/га	0.20938	109	0.06149	111
$НСР_{0,5}$		8		7

Примечание: БУ - микробиологически активированный торф; ТУ - биохимически активированный торф.

и корневой массы растений пшеницы создаёт применение активированных торфяных удобрений в дозах от 5 до 20 т/га в сочетании с минеральными удобрениями (табл. 3). Вероятно, в этих вариантах обеспечен наилучший питательный режим для развития растений.

Увеличение урожайности вегетативной массы пшеницы (в среднем на 15-17 %), по сравнению с контролем, который принят за 100 %, наблюдается при совместном внесении активированных торфов и минеральных удобрений, что свидетельствует о хорошем питании растений за счёт повышения подвижных форм элементов питания.

Таким образом, наиболее благоприятное сочетание удобрений для повышения элементов питания, увеличения вегетативной массы пшеницы, а также оказанное ими положительное влияние на некоторые физиологические и биологические показатели серой лесной оподзоленной почвы проявились при применении биохимически и микробиологически активированных торфов в сочетании с минеральными удобрениями.

Литература

1. Титова Э.В. Почва, растение, удобрение. Томск, 2000. С. 5-10. **2.** Кумаков В.А. Физиологическое обоснование моделей сортов пшеницы. М., 1985. С 129-136. **3.** Клечковский В.М., Петербургский А.В. Влияние кислотности на рост и развитие растений и микробиологические процессы почвы // Агрохимия. М., 1967. С. 137-143. **4.** Аринушкина Е.В. Руководство по химическому анализу почв. М., 1970. 436 с. **5.** СТП 049 3925-008-93. Почвы, торф, удобрения. Определение углерода водорастворимых соединений по методу Тюрина в модификации СибНИИТ. Введ. 15.08.93. М., 1993. 24 с. **6.** Технический анализ торфа. М., 1992. С. 358-365. **7.** Прянишников Д.Н. Избранные сочинения в трёх томах. Т.2. Частное земледелие. М., 1965. С. 156-180. **8.** Батурин Ю.Н. К обоснованию методики определения агрономической эффективности естественного торфа // Проблемы использования торфа и торфяных месторождений в сельском хозяйстве. Минск, 1976. С. 35-44. **9.** Физико-химические методы исследования почв (адсорбционные и изотопные методы) / Под ред. И.Н. Антипова-Каратаева. М., 1966. С. 164-165. **10.** Штатнов В.И. К методике определения биологической активности почвы // Докл. ВАСХНИЛ. 1952. Вып.6. С. 24-25. **11.** Гришина Л.А. Гумусообразование и гумусное состояние почв. М., 1986. 242 с. **12.** Звягинцев Д.Г. Методы исследований почвенной микробиологии на службе сельского хозяйства. М., 1970. С. 84-92.

Influence of new kinds of peat fertilizers on properties of gray forest soil and crop of vegetative weight of wheat

E.V. Frolova, L.V. Selezneva

Influence of peat fertilizers on the agrochemical properties of gray forest podzolics soil in vegetative experience with wheat is investigated. Results by definition of physiological activity of water soil extracts, intensity of allocation CO_2 from soil are given as parameters of biological activity. The optimum combination of fertilizers for increase of the content of nutrient elements and increase of vegetative weight of wheat with their application on a mineral background is established.

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ФОРМИРОВАНИЯ СТОКА ВЕСЕННЕГО ПОЛОВОДЬЯ С МАЛОГО ЗАБОЛОЧЕННОГО ВОДОСБОРА Р. КЛЮЧ

Ю.А. Харанжевская, Н.Г. Инишев

Томский государственный университет

В работе приводятся результаты расчетов объема и гидрографа стока за период весеннего половодья малой реки Ключ, стекающей с болотного водосбора.

Целью данной работы является разработка математической модели формирования гидрографа весеннего половодья заболоченного водосбора на примере р. Ключ – притока р. Бакчар. Данный водосбор расположен на отрогах болотного массива "Васюганское болото", включает типичную для южно-таежной зоны последовательность олиготрофных растительных ассоциаций от грядово-мочажинного комплекса до заболоченного леса и поэтому является представительным для этой территории [1].

Основными факторами, определяющими объем и максимальный расход воды половодья, являются подача воды в период снеготаяния и степень увлажнения водосбора пред началом снеготаяния. Степень их влияния на формирование объема стока весеннего половодья выявляется на основе анализа элементов водного баланса территории и коэффициентов корреляции.

Уравнение водного баланса за период половодья в общем виде можно представить следующим образом:

$$У = S + X - P_0 \quad , \qquad (1)$$

где У – слой талой воды; S – запас воды в снежном покрове; X – осадки в период снеготаяния; P_0 – потери стока на заполнение поверхностной емкости, на впитывание и испарение. Одним из основных факторов формирования стока за период половодья является максимальный запас воды в снежном покрове перед началом снеготаяния. Полученные коэффициенты корреляции слоя стока и максимальных запасов воды в снежном покрове по нескольким метеорологическим станциям невысокие (0.398-0.499), следовательно, основным определяющим фактором весеннего половодья является осеннее увлажнение. Анализ коэффициентов корреляции показывает, что осеннее увлажнение оказывает заметное влияние на изменчивость стока р. Ключ, наибольшие коэффициенты корреляции наблюдаются со стоком р. Бакчар за октябрь (0.813) и суммарным стоком за июль-ноябрь (0.772).

При разработке методики расчета объем весеннего половодья определяется методом регрессионного анализа, а также с использованием емкостной модели Е.Г. Попова [2]. Метод множественной регрессии основан на уравнении водного баланса и состоит в нахождении приближенных решений при расчетах стока с учетом решающих факторов.

На основе сделанных выводов было получено уравнение регрессии без учета поступления атмосферных осадков за период снеготаяния. В качестве величины подачи воды использовался максимальный запас воды в снеге, средний между станциями. Оптимальной характеристикой предшествующего увлажнения явился среднемесячный расход воды за октябрь. Так как зависимость стока от подачи воды и

осеннего увлажнения выражена достаточно четко, то применение уравнения множественной регрессии позволило получить хороший показатель качества расчета ($К_{кач}$=0.607). Доли детерминированного вклада перечисленных аргументов составили 0.174 и 0.826 соответственно. По данным [3] увеличение доли осеннего увлажнения связано с большим процентом заболоченности территории (около 70 %), болота испаряют больше влаги, чем суходолы, что приводит к возрастанию неравномерности увлажнения и стока заболоченных бассейнов по сравнению с незаболоченными. Этим и объясняется увеличение доли вклада осеннего увлажнения для заболоченного водосбора р. Ключ. В заболоченных районах, характеризующихся переувлажнением почво-грунтов колебания увлажнения во времени прослеживается лишь в самых верхних горизонтах почвенно-грунтовой толщи, тогда как ниже расположенные слои постоянно увлажнены до предела. В этих условиях величина просачивания (задержания) талых вод весной на поверхности водосбора определяется свободной емкостью верхнего слоя почво-грунта, которая может изменяться по годам в зависимости от степени осеннего увлажнения водосбора. После сухого летне-осеннего периода поглощение талых вод (потери стока) может достигать значительных размеров (86-89 мм) (табл.).

Уравнение множественной регрессии представляет собой простейшую линейную зависимость стока от подачи воды и предшествующего увлажнения, и дает приемлемые результаты при расчетах объема половодья, так как учитывает только большие величины подачи воды на поверхность бассейна. Для более низких значений подачи воды на водосбор модель Е.Г. Попова позволяет получить хорошие результаты расчета объема весеннего половодья. Расчет объема весеннего половодья по емкостной модели Е.Г. Попова производиться путем установления зависимостей слоя стока от общего количества поступившей воды и потерь стока

$$Y = (1 - \omega)(S+X - P_0 \, th \, S+X/ P_0), \qquad (2)$$

где Y – слой стока; S+X – подача воды на водосбор; P_0 - величина поверхностной емкости (при высоком осеннем увлажнении); ω – бесточная площадь бассейна в долях единицы; th – функция гиперболического тангенса. Величина поверхностной емкости определяется в зависимости от осеннего увлажнения

$$P_0 = P_{max} - c*lg\,(m + 1), \qquad (3)$$

где P_{max} – параметр, равен максимальной поверхностной емкости для наиболее засушливых предшествующих условий ($P_0 = P_{max}$ при m = 0); m – косвенная характеристика осеннего увлажнения; c – параметр, который зависит от угла наклона прямой связи $P_0 = f\,[lg(m +1)]$ к оси абсцисс [4].

Расчеты объема весеннего половодья р. Ключ выполнены период с 1975 по 2003 гг. В качестве оптимальной характеристики увлажнения водосбора перед началом таяния снега принят показатель, равный величине осеннего паводкового стока предшествующей осени р. Бакчар у с. Полынянка за октябрь месяц (табл.). Атмосферные осадки по метеостанции Бакчар суммировались за период, от даты максимума запаса воды в снежном покрове до даты окончания снеготаяния. Последняя определялась с использованием коэффициента стаивания по среднесуточным температурам воздуха. Коэффициент стаивания для поля принят 2.5 мм/град. сутки, для леса – 5 мм/град. сутки. На основе данных многолетних наблюдений,

Элементы водного баланса р. Ключ

Год	Слой стока, Y	Подача воды, (S+ΣX)	Осеннее увлажнение, m	Потери стока, P_0	Рассчитанный слой стока, $Y_{расч}$	Критерий качества	Максимальный расход воды, $м^3/с$	Ошибка прогноза $К_{кач}/Q_{max}$
1975	111	147	0.1	86	66.0	0.21	2.4	0.09
1976	43	125	0.1	88	46.7	0.16	1.05	0.15
1977	53	105	0.8	68	43.1	0.17	1.3	0.13
1978	87	126	0.3	81	51.3	не опр.	не опр.	не опр.
1979	195	231	1.9	51	179.2	не опр.	не опр.	не опр.
1980	46	106	0.7	72	40.9	0.2	0.71	0.15
1981	24	107	0.4	79	37.9	1.2	0.75	0.15
1982	10	132	0.3	82	56.4	0.11	0.29	0.14
1983	33	160	0.2	86	78.5	0.11	1.19	0.15
1984	64	104	0.2	84	33.3	0.04	0.7	0.14
1985	191	248	1	66	182.5	0.41	0.33	0.12
1986	225	236	3	38	197.8	0.22	5.74	0.04
1987	76	86	1.5	57	34.8	0.29	1.14	0.25
1988	134	183	1.6	55	128.2	0.9	2.85	0.32
1989	17	39	0.1	88	2.4	0.11	0.38	0.29
1990	34	170	0	89	84.1	0.23	1.06	0.22
1991	55	132	0.1	87	53.2	0.52	1.49	0.35
1992	58	114	0.1	88	38	0.47	1.67	0.28
1993	183	207	1.4	58	149	1.44	4.58	0.31
1994	64	160	0.2	84	79.2	0.37	1.65	0.22
1995	39	111	0.1	87	36.4	0.27	1.02	0.26
1996	77	101	3.2	36	64.3	0.27	1.33	0.20
1998	104	169	0.6	73	97.5	0.29	4.22	0.07
2003	70	224	2.8	41	182.8	0.57	1.76	0.32

установлены достаточно тесные зависимости весеннего стока с Васюганских болот от поступления воды в период снеготаяния и показателей осеннего увлажнения. Параметры уравнения (3) определены на основе оптимизации методом Розенброка [5] (P_{max}=91 мм, С=87). При расчетах объема половодья критерием качества послужило отношение

$$К_{кач} = \frac{S}{\sigma} \quad , \qquad (4)$$

где S – средняя квадратическая ошибка, вычисляется

$$S = \sqrt{\frac{1}{N}\sum (Y_p - Y_ф)^2} \quad , \qquad (5)$$

где Y_p - вычисленные значения слоев стока, $Y_ф$ - фактические значения слоев стока, а - среднее квадратическое отклонение (σ) фактических слоев стока от его средних значений вычисляется по формуле

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{N}\sum (Y_ф - \overline{Y}_ф)^2} \qquad (6)$$

Полученный в результате расчетов, объем стока за период половодья, позволяет определить водность каждого года в целом, и найти форму распределение стока во времени р. Ключ - с. Полынянка.

Исследования формы гидрографа половодья основываются на анализе более широкого круга вопросов, а именно – снеготаяния, распределение потерь стока во времени, приток в русловую сеть и русловое добегание воды. Рассмотрим некоторые факторы, которые оказывают влияние на форму гидрографа талого стока.

Слой стаивания снега на один градус средней суточной положительной температуры воздуха, или коэффициент снеготаяния, неодинаков на заболоченных и лесных участках. На открытых пространствах представленных необлесенными или слабооблесенными болотными микроландшафтами, коэффициент снеготаяния по имеющимся данным близок к 4-5 мм/град. В лесах Васюганского болота коэффициент снеготаяния составляет 2–3.5 мм/град. Весеннее половодье на р. Ключ проходит путем наложения двух волн половодья «болотной» и «лесной». Характер залегания снега на местности оказывает существенное влияние на ход снеготаяния. На территории исследуемого бассейна р. Ключ особенно неравномерно залегает снежный покров в центральной открытой части верхового болотного массива, где господствуют грядово-озерково-мочажинные комплексы [6]. Причиной этого является наличие здесь небольших повышений рельефа – гряд, часто облесенных, ориентированных под некоторым углом к господствующему (юго-западному) направлению ветров. Общая продолжительность снеготаяния в этих комплексах увеличивается за счет длительного таяния мощных снежных валов на подветренных склонах гряд [7]. Таким образом, таяние снега на водосборе начинается на открытых участках болота, постепенно замедляется на грядово-мочажинных комплексах, а затем в высоком ряме и заболоченном лесу.

Другим фактором, определяющим форму гидрографа, является распределение типов местности по территории речного водосбора р. Ключ. С удалением от реки лес сменяется сфагновыми торфяниками с низкорослой сосной и, наконец, почти совершенно безлесными пространствами осоковой топи. Время добегания

талых вод с болота к руслу р. Ключ довольно значительно, зависит от типа микроландшафта и степени его обводненности, учитывая, что сток может производиться как в поверхностном, так и в подповерхностном слое [6].

Расчет гидрографа половодья р. Ключ в замыкающем створе производится по модели гидрографа весеннего половодья, основанной на модели Д.А. Буракова [8], но обладающей некоторыми особенностями. Перечислим их особенности. В отличие от модели Д.А. Буракова, где не учитывается различия в условиях формирования стока по территории, мы производим расчет гидрографа весеннего половодья по зонам, выделенным по ландшафтно-типологическому признаку. В данном случае на территории водосбора р. Ключ мы выделяем следующие зоны: заболоченный лес и сосново-сфагново-кустарничковый микроландшафт (высокий рям), сосново-сфагново-кустарничковый микроландшафт (низкий рям), поле, осоково-сфагновая топь. Таким образом, мы имеем возможность изучить процесс формирования стока в каждой из выделенных зон. Данная методика удобна для расчета выноса химических элементов болотным стоком. Интенсивность снеготаяния приближенно определяется по температуре воздуха, с учетом коэффициента стаивания [8], который определяется по эмпирической формуле. Водоотдача бассейна определяется по методу А.Г. Ковзеля, при условии, что влагоемкость снега постоянна за время снеготаяния [9]. Суммарный слой стока формирующийся в результате превышения водоотдачи из снега над водоудерживающей способностью бассейна P_0, водоотдача бассейна и склоновый приток в русловую сеть определяется по модели Д.А. Буракова [8]. Трансформация гидрографа склонового и бокового притока в русловую сеть в гидрограф стока в замыкающем створе выполняется по интегралу Дюамеля, кривая добегания аппроксимируется распределением Г.Н.Бровковича, и моменты распределения определяются по формулам, полученным на основе вероятностной трактовке времени добегания [8].

В результате исследований получены параметры математической модели и гидрограф весеннего половодья р. Ключ за период наблюдений с 1975 по 2003 год. Критерии качества расчетов определяются по уравнению (6) и показывают, что в целом данную модель можно использовать при расчетах ежедневного стока (табл.).

Анализ гидрографов весеннего половодья р. Ключ позволяют сделать вывод о временных различиях начала и конца снеготаяния на открытых и залесенных участках. Наиболее раннее таяние снега в связи с большим количеством открытого пространства происходит в поле и открытой топи. Затем, согласно [10], талые воды с открытого болота вследствие более позднего таяния снега в полосе заболоченных лесов, частично расходуется на насыщения снега и верхнего почвенного горизонта в лесу. Таким образом, разработанная математическая модель весеннего половодья позволяет определить сток в пределах каждого природного ландшафта, но также может быть использована для расчета выноса химических элементов со стоком р. Ключ.

Литература

1. Инишева Л.И., Дементьева Т.Н., Головацкая Е.А., Порохина Е.В. Научно-исследовательский полигон “Васюганье”. Программа научной экскурсии. Томск, 2003. С. 16-19. **2.** Попов Е.Г. Гидрологические прогнозы. Л., 1957. 460 с. **3.** Бураков Д.А. Основы гидрологических прогнозов объема и максимума весеннего половодья в лесной зоне Западно-Сибирской равнины // Вопросы географии Сибири. Томск, 1978. С. 3-49. **4.** Бураков Д.А. Весенний сток южной тайги Западно-Сибирской равнины и его прогнозы // Гляциоклиматология Западной Сибири. Л., 1975. С. 118-138. **5**. Бураков Д.А. Математическая модель расчета гидрографа весеннего половодья для

равнинных заболоченных бассейнов // Метеорология и гидрология. 1978. № 1. С. 49-59. **6.** Бураков Д.А. Предвычисление гидрографа весеннего половодья в условиях Васюганья // Тр. НИИ аэроклиматологии. Вып.48. Новосибирск, 1967. С. 183-192. **7.** Бураков Д.А. Некоторые особенности залегания снежного покрова в условиях Васюганья // Вопросы географии Сибири. Вып.6. Томск, 1966. С. 164-168. **8.** Бефани Н.Ф., Калинин Г.П. Упражнения и методические разработки по гидрологическим прогнозам. Л., 1983. 390 с. **9.** Чеботарев А.И. Общая гидрология. Л., 1975. 544 с. **10.** Инишев Н.Г. Гидрологический режим болот и его влияние на сток рек // Болота и биосфера / Материалы Второй Научной Школы. Томск, 2003. С. 71-78.

Mathematical model of shaping of the runoff for period spring flood with small marsh basin

J.A. Kharanzhevskaya, N.G. Inishev

In work leaded the results of computations of volume and runoff for period spring flood of the small river Kluch, which is flowing down with marsh basin.

ПОЧЕМУ МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ЧАСТО НЕ РАБОТАЮТ?

Н.А. Шнырев, М.В. Глаголев

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

В работе рассмотрены некоторые причины, по которым математические модели экологических систем часто не дают тех результатов, которые от них ожидают исследователи.

Модель есть некоторое абстрактное отражение моделируемого объекта, формальное упрощение реального мира, подменяющее изучение реального объекта изучением искусственной схемы, отражающей частично его реальные свойства. Поэтому модель всегда беднее той реальности, которую она описывает [1].

Цель нашей работы - вскрыть некоторые причины, по которым математические модели экологических (в частности болотных) систем часто не способны дать правильный прогноз при том, что вполне хорошо описывают имеющиеся данные.

Запись математической модели в общем виде. Удобной записью математической модели является операторное уравнение 1-го рода

$$Au = f, \qquad (1)$$

где u и f обозначают соответственно искомые и наблюдаемые характеристики модели, принадлежащие некоторым метрическим пространствам U и F; A – оператор, формализующий совокупность операций, определенных исходной математической моделью явления и условиями однозначности [2].

В математическом моделировании различают прямую и обратную задачи. Прямая задача состоит в том, что по известным параметрам модели находят экспериментально измеряемые переменные состояния. Обратная задача заключается в нахождении параметров модели по известным переменным состояния. Например,

пусть мы хотим описать рост микроорганизмов в болотной почве. Видимо, простейшей моделью для этого может служить закон экспоненциального роста, приведенный, например, в [3]:

$$X = X_o \cdot \exp(\mu \cdot t), \quad (2)$$

где X – концентрация биомассы микроорганизмов в момент времени t, X_o – концентрация их биомассы в начальный момент времени, μ – удельная скорость роста микробов. Прямая задача будет заключаться в том, что по известным X_o, μ при заданных t будут определяться X, обратная – при заданных X, t и X_o будет нахождение μ. Таким образом, в рассмотренном случае задача прогноза будет заключаться в том, что если мы будем знать для данного микроба параметры роста, то сможем предсказывать его рост не только в условиях проведенного эксперимента, но и при любых других t.

Любая математическая задача может быть успешно решена, если она поставлена корректно. Задача решения уравнения (1) называется корректно поставленной по Адамару, если выполняются условия:

- “Существования решения”: для любого f∈F существует решение u;
- “Единственности решения”: решение является единственным в U;
- “Устойчивости решения”: решение непрерывно зависит от f.

Невыполнение хотя бы одного из этих условий свидетельствует о некорректности постановки задачи. Попадая в область некорректных задач, можно получить решения неоднозначные и неустойчивые, которые ни в коей мере не смогут удовлетворить современного исследователя [2]. Как правило, обратные задачи являются некорректными [4]. Некорректность постановки обратной задачи обычно заключается в нарушении третьего условия корректности, т.е. в том, что малым погрешностям входных величин f могут соответствовать сколь угодно большие возмущения идентифицируемого элемента u [2].

При решении обратной задачи, в большинстве случаев имеет место явление неустойчивости, выражающееся в том, что малые погрешности во входных данных (измерениях) могут порождать очень большие погрешности в определяемых параметрах моделей и, естественно, столь же большие погрешности прогноза.

Некорректность такого типа хорошо известна и для борьбы с нею разработан ряд эффективных методов, описанных, например, в [2, 4-6], причем в [6] дана весьма полная классификация методов.

Некорректность при неточно заданном операторе. На практике вместо идеализированного оператора B известно лишь некоторое приближение к нему [2]. Таким образом, предполагается, что приближенно известны все исходные данные, т.е. пара (A, f) [6]. Как известно, две модели могут быть сколь угодно близки друг к другу в области верификации, но сколь угодно далеки друг от друга вне этой области. При этом у нас нет критерия для выбора одной из двух моделей. Рассмотрим это на примере. Предположим, биомасса некоторой популяции нарастает в соответствие с законом (2). С другой стороны, в [3] показан закон роста, где под м подразумевается формальный численный параметр, пропорциональный удельной скорости роста.

Первый закон дает линейную зависимость радиуса от времени: $X_A=X_{OA}+\mu_A \cdot t$, второй – более сложную: $X_B=(X_{OB}^2+\mu_B \cdot t)^S$. Подстрочными символами $_A$ и $_B$ мы обозначили параметры и переменные новых моделей, чтобы в дальнейшем при сравнении моделей их как-то можно было бы отличить от модели (2) и друг от друга (в частности, через X_{OA} и X_{OB} обозначены начальные радиусы в новых моделях).

Пусть в моменты времени t_1 и t_2 (такие, что $t_1<t_2$) экспериментально наблюдались значения X_1 и X_2. Пользуясь ими, можно определить параметры для каждой модели: (X_o, μ), (X_{OA}, μ_A), (X_{OB}, μ_B). Здесь мы ограничимся только определением (X_o, μ) и (X_{OA}, μ_A):

$$\begin{cases} X_1 = X_o \cdot \exp(м \cdot t_1) \\ X_2 = X_o \cdot \exp(м \cdot t_2) \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} \ln(X_2) - \ln(X_1) = м \cdot (t_2 - t_1) \\ \ln(X_o) = \ln(X_2) - м \cdot t_2 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} м = [\ln(X_2) - \ln(X_1)]/(t_2 - t_1) \\ X_o = X_2 \cdot \exp\{[\ln(X_1) - \ln(X_2)] \cdot t_2/(t_2 - t_1)\} \end{cases}$$

$$\begin{cases} X_1 = X_{оА} + м_A \cdot t_1 \\ X_2 = X_{оА} + м_A \cdot t_2 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} X_2 - X_1 = м_A \cdot (t_2 - t_1) \\ X_{оА} = X_2 - м_A \cdot t_2 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} м_A = (X_2 - X_1)/(t_2 - t_1) \\ X_{оА} = X_2 - (X_2 - X_1) \cdot t_2/(t_2 - t_1) \end{cases}$$

Итак, если параметры (X_o, μ) и (X_{OA}, μ_A) определены в соответствии с только что выведенными формулами, то обе модели для t_1 и t_2 дают в точности X_1 и X_2 – то, что и наблюдается в эксперименте. Но решим теперь задачу прогноза. Рассчитаем значение X для некоторого момента времени $t>t_2$ по (2) и по модели A, а потом найдем разницу между прогнозами:

$$X - X_A = X_o \cdot \exp(\mu \cdot t) - X_{OA} - \mu_A \cdot t.$$

Для любых $t_2>t_1$ и $X_2>X_1$ можно показать, что $(X-X_A)$ является неограниченно возрастающей функцией времени. Итак, на примере мы продемонстрировали некорректность задачи прогноза. При этом, опять-таки, будучи сколь угодно близки друг к другу в этом коридоре в области верификации, модели могут отклониться друг от друга на любое расстояние в области прогноза.

Литература

1. Федоров В.Д. К стратегии экологического прогноза // Экологический прогноз. Вып. 8. М., 1983. С. 4-30. **2.** Мацевитый Ю.М., Лушпенко С.Ф. Идентификация теплофизических свойств твердых тел. Киев, 1990. 216 с. **3.** Перт С.Д. Основы культивирования микроорганизмов и клеток. М., 1978. 465 с. **4.** Денисов А.М. Введение в теорию обратных задач. М., 1994. 208 с. **5.** Корнилов А.Н. Неформальные причины численной неустойчивости некоторых задач аппроксимации экспериментальных данных // Неформальные математические модели в химической термодинамике / Под ред. Титова В.А., Яковлева И.И. Новосибирск, 1991. С. 65-81. **6.** Васин В.В., Агеев А.Л. Некорректные задачи с априорно заданной информацией. Екатеринбург, 1993. 321 с.

Why the mathematical models often don't work?

N.A. Shnyrev, M.V. Glagolev

At the present article we describe some causes, which explain why mathematical models of the ecological systems often give not so results as investigator want expect to see.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение ... 3
Приветствие Губернатора Томской области В.М. Кресса ... 5
Станислав Иванович Смольянинов, профессор,
доктор технических наук, заслуженный деятель науки и техники
(К 80-летию со дня рождения) ... 7

ЧАСТЬ I. ЛЕКТОРСКИЙ СИМПОЗИУМ

Архипов В.С., Маслов С.Г. Развитие торфяного направления
в проблемной научно-исследовательской лаборатории горючих
ископаемых ТПУ ... 12
Маслов Б.С. Научное обеспечение осушительной мелиорации
в Западной Сибири ... 16
Инишева Л.И. Болота, их роль в геостоке Земли ... 22
Зайдельман Ф.Р. Опыт и современные проблемы мелиорации
и рекультивации торфяных почв ... 31
Базанов В.А., Скугарев А.А. Использование данных изучения эколого-
морфологических свойств растений для целей дешифрирования
космических снимков среднего и высокого разрешений ... 39
Ефремов С.П., Ефремова Т.Т. Структурная организация лесоболотных
комплексов и проблема их типизации ... 47
Смагин А.В. Использование органогенных материалов в почвенно-
ландшафтном конструировании ... 52
Бамбалов Н.Н. Анализ гидротермической гипотезы разложения
органического вещества ... 61
Глаголев М.В. Элементы математического моделирования в приложении
к проблемам болотоведения ... 69
Тронова Т.М., Фисенко М.Г. Микробный ценоз и анитимикробные
свойства сапропелевых отложений озер Сибирского региона ... 75
Маслов С.Г., Архипов В.С. Химический состав торфа и направления
его использования ... 83
Савичева О.Г. Биохимические свойства торфов Западной Сибири ... 89
Панов В.В. Восстановление-регенерация выработанных торфяных болот ... 98
Сысоева Л.Н., Бурмистрова Т.И., Трунова Н.М. Перспективы
использования продуктов переработки торфа в качестве средств защиты
растений от болезней ... 107
Уланов А.Н. Основные направления рекультивации и комплексного
использования нарушенных болотных экосистем ... 112

ЧАСТЬ II. СИМПОЗИУМ МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ

Арсеньев П.С., Добровольская Т.Г., Кожевин П.А. Характеристика
микробных комплексов торфяной почвы при разных температурах ... 120
Баженов Д.А. Моделирование процессов трансформации органического
вещества торфа ... 125

Беляева А. М. Предварительные данные об уровнях накопления элементов в верховых болотах юга Томской области 130
Бляхарчук Т.А. Торфяные отложения как летопись палеогеографической информации 133
Гаркушева Н.М., Фролова Т.В. Оценка биологической активности каштановой почвы при внесении гранулированного удобрения на основе торфа и цеолитов 137
Головацкая Е.А. Углеродный баланс олиготрофного болота 141
Гончарова И.А. Увлажненность почвы на болотах различных типов водно-минерального питания 146
Гостищева М.В. Кузьменко О.А. Характеристика некоторых видов торфов Томской области 151
Гренадерова А.В. Особенности торфонакопления на территории Южно-Минусинской котловины 157
Грядунова Сравнительная характеристика актиномицетных комплексов окультуренной и целинной низинной торфяной почвы 164
Добровольская Т.Г., Кухаренко О.С., Головченко А.В. Особенности таксономического состава бактериальных комплексов торфяников разного генезиса 169
Дырин В.А., Камбалова Н.П. Микробиологические процессы в рекультивируемой болотной экосистеме низинного типа 174
Дюкарев Е.А., Комаров А.И. Темпы изменения температуры воздуха, осадков и давления в Западной Сибири во второй половине XX века 180
Езупенок Е.Э. Подвижные элементы в торфяных почвах ландшафтного профиля 184
Ефремов С.П., Седельникова Т.С., Пименов А.В. Морфология генеративных структур сосны обыкновенной на болотах Томской области 188
Завацкая Е.С., Гостищева М.В., Горчаков Л.В. Создание базы данных по физико-химическим свойствам гуминовых кислот 193
Ильина А.А., Сколубович Ю.В. Исследования гуминовых красителей, полученных из термообработанного торфа 196
Карпенко Л.В. Экологическое состояние гидроморфных ландшафтов криолитозоны Средней Сибири Красноярского края 199
Касицкая Л.В., Саркисов Ю.С., Горленко Н.П. Исследование механизма модифицирования торфа методом ЭПР 205
Качалкин А.В., Чернов И.Ю., Семёнова Т.А., Головченко А.В. Характеристика таксономического состава микромицетных и дрожжевых сообществ в торфяных почвах разного генезиса 208
Клопотова Н.Г., Пушкарева Т.А. К вопросу изучения озерных сапропелей Эвенкии 216
Козаренко О.М. Тяжелые металлы в гидроморфных ландшафтах восточной окраины Центрального Французского массива 219
Коронатова Н.Г. Продуктивность плоскобугристого болота в северной тайге Западной Сибири 225

Косых Н.П., Миронычева-Токарева Н.П. Чистая первичная продукция болот севера Западной Сибири 228
Кравец А.В. Влияние гуминовых стимуляторов из торфа на начальный рост хлопка 232
Мармулев А.Н., Демина Л.А. Влияние торфо-минеральных удобрений на содержание и динамику накопления минерального азота в почве 236
Мисников О.С., Тимофеев А.Е. Новые технологии получения и использования материалов на основе торфоминеральных композиций 240
Мульдияров Е.Я., Чернова Н.А. Структура торфяных залежей болот хр. Ергаки (Западный Саян) 247
Порываева О.В., Касимова Л.В., Титова Э.В. Влияние длительности активации на свойства микробиологически активированного торфа 251
Ракович В.А. Реабилитация нарушенных торфяных болот в Беларуси 256
Савельева А.В. Ароматические углеводороды в органическом веществе торфа и сапропеля 260
Сергеева М.А. Торфогенез и эмиссия углекислого газа в олиготрофных торфяных залежах 263
Ульянова О.А., Луганцева М.В., Нечаева А.С., Шаталова Ю.Г. Изучение длительности действия коры и органоминеральных удобрений на ее основе 269
Фролова Е.В., Селезнёва Л.В. Влияние новых видов торфяных удобрений на свойства серой лесной почвы и урожай вегетативной массы пшеницы 273
Харанжевская Ю.А., Инишев Н.Г. Математическая модель формирования стока весеннего половодья с малого заболоченного водосбора р. Ключ. 279
Шнырев Н.А., Глаголев М.В. Почему математические модели часто не работают? 284

CONTENTS

Introduction 3
Greeting of the governor of Tomsk region V.M. Kress 5
S.I. Smolyaninov, professor, doctor (to 80 years from birthday) 7

PART I. LECTURE SYMPOSIUM

Arkhipov V.S., Maslov S.G. Development peat direction in Problem research laboratory of combustible minerals in Tomsk Politechnical University 12
Maslov B.S. Scientific security of drainage in Western Siberia 16
Inisheva L.I. Role of bogs in a geological runoff of the Earth 22
Zaidelman F.R. Experience and modern problems of reclamation and remediation of peat soils 31
Bazanov V.A., Skugarev A.A. Use of datas of study of ecological and morphological properties of plants for the purposes of a decoding of space snapshots of the average and high sanctions 39
Yefremov S.P., Yefremova T.T. Forest-peat ecosystems structure organization and its typification problem 47
Smagin A.V. Use organic materials in soil landscape designing 52
Bambalov N.N. Analysis of hydro-thermal hypothesis of organic material decomposition 61
Glagolev M.V. Principles of the mathematical modelling (in application to the problems of the wetland ecology) 69
Tronova T.M., Fisenko M.G. Microbiological structure and antimicrobiological properties of lake sapropels of Siberian Region 75
Maslov S.G., Arkhipov V.S. Chemical compound of peat and direction of its use 83
Savicheva O.G. Biochemical properties of peats of Western Siberia 89
Panov V.V. Restoration - regenerations of cutover mires 98
Sysoeva L.N., Burmistrova T.I., Trunova N.M. Perspectives of use products of processing of peat as means of a guard of plants from illnesses 107
Ulanov A.N. Basic directions of recultivation and complex uses cutover peatlands 112

PART II. SYMPOSIUM OF YOUNG SCIENTIFIC

Arseniev P.S., Dobrovolskaya T.G., Kozhevin P.A. Structural characteristics of microbial complex of peat soil at different temperatures 120
Bazhenov D.A. Modeling of processes of transformation of organic substance of peat 125
Belyaeva A.M. The preliminary data about accumulation levels of elements in oligotrophic bogs of the South of Tomsk region 130
Bljaharchuk T.A. Peat adjournment as the annals paleogeographical information 133
Garcusheva N.M., Frolova T.V. The assessment of biological activity of brown soil by application of granul fertilizer on basis of peat and zeolites 137

Golovatskaya E.A. The balance carbon from oligotrophic bogs 141
Goncharova I.A. Soil numidity at the different mire types 146
Gostishcheva M.V., Kuz'menko O.A. The characteristic of some kinds of peat of Tomsk region 151
Grenaderova A.V. The peculiarity of peat accumulation on the territory of South-Minusinsk depression 157
Gryadunova A.A. Comparative description of actinomycete complexes in cultivated and native eutrophic peat soil 164
Dobrovolskaya T.G., Kukharenko O.S., Golovchenko A.V. Peculiarities of bacterial complexes of taxonomic composition in peat lands of different genesis 169
Dyrin V.A., Kambalova N.P. Microbiological processes in the native and recultivated eutrophic bog ecological system 174
Dyukarev E.A., Komarov A.J. Trends of air temperature, precipitation and pressure in West Siberia in the second half of 20th century 180
Ezupenok E.A. Mobile elements in the peat soils of landscape 184
Yefremov S.P., Sedel'nikova T.S., Pimenov A.V. Morphology of Scots Pine generative structures of the bogs of Tomsk Region 188
Zavatskaja E.S., Gostishcheva M.V., Gorchakov L.V. Creation of the database on physical and chemical properties of humic acids 193
Ilyina A.A., Scolubovich J.V. The investigation of humic dyestuffs being obtain from thermocultivation peat 196
Karpenko L.V. Ecological status of hydromorphic landscapes in cryolite zone of Middle Siberia of Krasnoyarsk kray 199
Kasitskaya L.V., Sarkisov J.S., Gorlenko N.P. Investigation of mechanism of modification of peat by EPR method 205
Kachalkin A.V., Chernov I.Yu., Semyonova T.A., Golovchenko A.V. Characteristic of the taxonomy structure hyphomycetes and yeast communities in peat soils of different genesis 208
Klopotova N.G., Pushkareva T.A. To the question of studying of lake sapropels of the Evenkiya 216
Kozarenko O.M. Heavy metals in hydromorphic landscapes of eastern districts of The Central French Massif 219
Koronatova N.G. Productivity of the plateau-palsa bog in northern taiga of the Western Siberia 225
Kosykh N.P., Mironycheva-Tokareva N.P. Net primary production of bog in the north of Western Siberia 228
Kravets A.V. Influence humic stimulators from peat on initial growth of the cotton 232
Marmulev A.N., Demina L.A. The influence of peat mineral fertilizers on the content and dynamics of mineral nitrogen accumulation in soil 236
Misnikov O.S., Timofeev A.E. New technologies of the production and the use of composite material produced from peat and mineral parts 240
Mouldijarov E.Ja., Chernova N.A. The structure of peat stratigraphy at Ergaki mountain ridge (West Sayan) 247

Porivaeva O.V., Kasimova L.V., Titova I.V. Influence of duration of activation on properties of the microbiological activated peat 251
Rakovich V.A. Rehabilitation of disturbed peatlands in Belarus 256
Saveleva A.V. Aromatic hydrocarbons occurring in organic matter of peat and sapropel 260
Sergeeva M.A. Peat genesis and CO_2 emission in oligotrothic peat deposit 263
Ulyanova O.A., Lugantseva M.V., Nechaeva A.S., Shatalova Yu.G. The study of prolonged effect of bark and barkmineral fertilizers on its basis 269
Frolova E.V., Selezneva L.V. Influence of new kinds of peat fertilizers on properties of gray forest soil and crop of vegetative weight of wheat 273
Kharanzhevskaya J.A., Inishev N.G. Mathematical model of shaping of the runoff for period spring flood with small marsh basin 279
Shnyrev N.A., Glagolev M.V. Why the mathematical models often don't work? 284



Сосново-кустарничково-сфагновое болото



Сосново-кустарниково-гипновое болото



Карликовая березка и вахта трехлистная - доминанты травяного
и кустарникового ярусов эутрофного болота Самара



На переднем плане пушица рыжеватая



Отбор образцов торфа



Переправа через р. Бакчар на болото



Заболоченный лес



Ручей Ключ на границе болота и заболоченного леса



Сфагнум ангустифолиум



Лесомелиорация. Магистральный канал



Определение температуры на стационарно заложенных датчиках



Молодое поколение исследователей болот

Научное издание

Болота и биосфера
Материалы Четвертой Научной Школы

Под ред. д.с.-х. н., чл.-корр РАСХН Л.И. Инишевой

Подписано в печать 24.06.2005 г.
Заказ № 407.
Тираж 300 экз.

Издательство ФГУ «Томский ЦНТИ». Лиц. ИД № 05060 от 14.06.2001 г.
Отпечатано в ФГУ «Томский ЦНТИ». Лиц.ПД № 12-0084 от 16.04.2001 г.
Россия, 634021, г.Томск, пр.Фрунзе, 115/3.