

Министерство образования Российской Федерации
Федеральная целевая программа
«Интеграция науки и высшего образования России
на 2002–2006 годы»
Томский государственный педагогический университет

БОЛОТА И БИОСФЕРА

МАТЕРИАЛЫ ПЕРВОЙ НАУЧНОЙ ШКОЛЫ

(23–26 сентября 2002 г.)

Посвящается 100-летию
Томского государственного педагогического университета

Томск
2003

Научное издание

Болота и биосфера

Материалы Первой Научной Школы

Под ред. д. с.-х. н., чл.-корр. РАСХН Л.И. Инишевой

Техническое редактирование: Е.Н. Кабан
Выпускающий редактор: А.В. Зеличенко

Подписано в печать: 23.04.03

Заказ: 118/Х

Тираж: 150 экз.

Печать: трафаретная

Бумага: офсетная

Формат: 60х84/16

Уч. изд. л.: 11.0

Усл. печ. л.: 9.5

Издательство Томского государственного педагогического университета

634041, г. Томск, пр. Комсомольский, 75

Тел. (3822) 20–81–66, факс (3822) 52–17–93

E-mail: publish@tspu.edu.ru

УДК 551.0 + 556.56
ББК 26.222.7 + 28.081.8

Б 79 Болота и биосфера: Материалы Первой Научной Школы (23–27 сентября 2002 г.). Томск: Издательство Томского государственного педагогического университета, 2003. – 164 с., фото; илл.

ISBN 5–89428–122–9

Сборник включает в себя избранные лекции ведущих специалистов и материалы молодых ученых, работающих в области изучения роли болот в биосфере, истории возникновения болот, рационального использования торфяных ресурсов. Сборник может быть рекомендован для студентов, аспирантов, научных сотрудников, преподавателей естественнонаучных специальностей.

The collection includes the elected lectures of leading specialist and materials of the young scientists working in district research of the role of bogs in biosphere, history of rise bogs, rational used of peat resources. The collection could be recommended for the students, postgraduate students, researches, teachers of natural sciences.

Научная Школа «Болота и биосфера» проведена при поддержке ФЦП «Интеграция науки и высшего образования России на 2002–2006 годы», № проекта Т-0040.

УДК 551.0 + 556.56
ББК 26.222.7 + 28.081.8

Под редакцией

д. с.-х. н., чл.-корр. РАСХН Л.И. Инишевой

Рецензент

д. б. н., проф. МГУ О.Л. Лисс

Ответственные за выпуск:

к. б. н. О.Г. Савичева

к. б. н. Е.А. Головацкая

ISBN 5–89428–122–9

© Томский государственный педагогический университет, 2003

Болота, уникальные образования биосферы, занимают 4.4 % территории суши. Болотные экосистемы выполняют ряд функций: гидрологическую, геоморфологическую, климатологическую. Так, например, болота поддерживают жизнь рек, сохраняют сложившийся веками гидрологический почерк водосбора. Болота играют важную роль в поддержании состава атмосферного воздуха (обогащение атмосферы кислородом, эмиссия углекислого газа и метана); обеспечивают сохранение генофонда редких видов животных, птиц и растений. Болота служат гигантскими фильтрами, поглощающими токсичные элементы.

Но торфяные болота – это еще земельный и природный ресурс. Под влиянием осушительных мелиораций и сельскохозяйственного использования торфяных болот происходит активизация биохимических процессов и формируются почвы с высоким уровнем плодородия. На торфяных почвах получают дополнительную сельскохозяйственную продукцию, повышая продовольственную безопасность России.

Торф как молодое горючее ископаемое занимает особое место по сложности своего состава и наличию широкого класса органических соединений (битумов, углеводов, гуминовых веществ). Более 40 видов торфяной продукции можно получить из торфа, используя перспективные технологии переработки торфа (углеродные адсорбенты, активные наполнители фенолальдегидных пресспорошковых пластмасс, электротехнические бетоны, активные угли и другие). Поэтому современная стратегия природопользования должна предусматривать рациональное использование торфяных ресурсов, а также переход от мероприятий по ликвидации неблагоприятных последствий к мерам предупреждающего характера, так как направленность развития природы Западной Сибири по типу прогрессирующего заболачивания приходит в противоречие с нашими представлениями о комфортности природных условий и благоприятных перспективах экономического развития.

Таким образом, огромная роль болот в биосфере требует пристального внимания ученых. Поэтому проведение Научной Школы «Болота и биосфера», которая состоялась благодаря поддержке Федеральной целевой программы «Интеграция» (проект Т-0040), позволяет познакомить студентов, аспирантов, молодых преподавателей и сотрудников НИИ с концепцией роли болот в биосфере. Аргументированно

доказать необходимость всестороннего изучения влияния болотных экосистем на климатические, гидрологические, гидрохимические параметры территории и на биосферу, как залог гармоничного сосуществования человека и природы.

Первая Научная Школа, которая была проведена с 23 по 26 сентября 2002 г., охватывает проблемы генезиса болот, их роли в биосфере, биологической продуктивности и рационального их использования. Представленные материалы состоят из двух частей. Первая – это лекции ученых, приглашенных на Школу, и вторая – выступления непосредственно самих молодых участников Школы – настоящих и будущих ученых. Поэтому вторая часть охватывает более широкий круг болотных вопросов. Всего на Школе присутствовало 36 человек. Это были молодые ученые готовые уже представить кандидатские диссертации (Е.В. Белова, ТГПУ, Томск; А.А. Кнорре, С.Г. Жильцова, Институт леса СО РАН, Красноярск; В.А. Загоруйко, ТФ ИЛ, Томск); научные сотрудники (6), аспиранты (11), студенты (13) и школьники (2). Широкое участие молодежи в Школе показало, что есть молодое поколение, в чьи руки можно передавать науку о торфах, торфяных ресурсах, болотных экосистемах. И это радует.

Этот сборник является итогом Первой Научной Школы и мы надеемся на продолжение этой традиции в следующем 2003 г. На Школе 2003 г. предполагается рассмотрение вопросов: водоохранная роль болот; водообмен в болотных экосистемах; геохимия болот.

Мы очень надеемся, что представленные материалы будут полезны многим специалистам, связанным с изучением болот и, прежде всего, помогут нам привлечь внимание к проблемам болот молодой талантливой молодежи.

Научный руководитель Школы
Л.И. Инишева

ПРИВЕТСТВИЕ ЗАМЕСТИТЕЛЯ ГЛАВЫ АДМИНИСТРАЦИИ ТОМСКОЙ ОБЛАСТИ В.И. ЗИНЧЕНКО

Уважаемая Лидия Ивановна!

Уважаемые участники научной школы «Болота и биосфера»!

Департамент по научно-технической политике, высшему и среднему профессиональному образованию приветствует открытие научной школы «Болота и биосфера».

Очень символично, что данный проект стал победителем федеральной целевой программы «Интеграция науки и высшего образования России на 2002–2006 годы». Это закономерный результат многолетней комплексной совместной работы специалистов, занимающихся проблемами исследования болот Западной Сибири, изучения их роли в биосфере и экологических аспектов при их освоении. Это пример интеграции усилий специалистов – почвоведов, биологов, геологов, экологов, химиков, представителей вузовской и академической науки из Томского государственного педагогического университета, Томского политехнического и Томского государственного университетов, Сибирского НИИ торфа СО РАСХН, Института оптического мониторинга и Института химии нефти СО РАН.

В исследованиях томских ученых на протяжении последних лет обосновывается биосферная роль болот Западной Сибири как своеобразных «легких» нашей планеты. Растущие болота – уникальные в наземной биоте экологической системе по их значению в круговороте углерода на Земле. В природоохранном значении это регуляторы водного баланса, гигантские природные фильтры, поглощающие токсичные элементы. Не зная природной динамики болотообразовательного процесса и форм его проявления при антропогенном воздействии, невозможно прогнозировать последствия хозяйственного использования торфяных ресурсов.

Вам, нынешним слушателям научной школы «Болота и биосфера», изучив богатейший накопленный материал, предстоит еще внести лепту в решение фундаментальных научных проблем, связанных с глобальными изменениями природной среды и климата, в разработку научных основ комплексного природопользования и современных ресурсосберегающих технологий развивающегося природопользования.

Желаю участникам первой научной школы «Болота и биосфера» успешной плодотворной работы, будущих интересных исследований и экспедиций, значительных научных результатов.

ПРИВЕТСТВИЕ ПРОРЕКТОРА ПО НАУЧНОЙ РАБОТЕ ТГПУ, ПРОФЕССОРА В.М. ЗЕЛИЧЕНКО

Уважаемые Ученые, дорогие слушатели Первой Научной Школы «Болота и биосфера»!

Приветствую Вас в стенах старейшего в Сибири педагогического вуза. Только в нашем вузе готовят первоклассных учителей, а сам вуз принимает активное участие в организации подобных мероприятий по всему Зауралю. Томский государственный педагогический университет славится школами физиков, языков малочисленных народов, коммуникативной стилистики, математической основы дифференцированного обучения математики в средней школе, школы молодого педагога-исследователя. Так, например, ТГПУ занимает 2-е место в России после МГУ по коллективному уровню цитируемости по направлению «физика».

С 1961 года в ТГПУ на кафедре ботаники занимаются фундаментальными проблемами торфования, сначала – под руководством профессора Георгия Николаевича Блинкова, а теперь – члена-корреспондента РАСХН Л.И. Инишевой. Я думаю, у Вас будет возможность в процессе проведения Школы ближе познакомиться с этими исследованиями. Кроме того, Вас ожидает экскурсия на отроги знаменитого на весь мир Васюганского болота.

В этом году нашему вузу исполняется 100 лет и мы рады поделиться с Вами всеми знаниями, какие имеем!

Хорошей и успешной Вам работы!

ОБЩИЕ ЗАДАЧИ И ПРИНЦИПЫ ОРГАНИЗАЦИИ И ПРОВЕДЕНИЯ НАУЧНОЙ ШКОЛЫ «БОЛОТА И БИОСФЕРА»

Общие задачи Школы:

– расширение и углубление знаний о предмете исследований – торфяное болото, необходимых для решения задач рационального природопользования;

– распространение новых знаний по важнейшим проблемам наук о торфе: теория и механизм функционирования болот как компонента биосферы, теория, методология и технология мониторинга торфоболотных экосистем как информационной основы их рационального природопользования; методология изучения свойств торфов, как уникального природного образования и создание высоких технологий добычи, переработки и использования;

– обсуждение актуальных и острых проблем изучения и использования торфяных ресурсов Сибири.

Основные принципы организации и проведения Школы:

– каждая Школа посвящается обсуждению одной актуальной проблеме, которая определяется участниками предыдущей Школы;

– аналитические доклады читают приглашенные лекторы; в качестве лекторов приглашаются наиболее компетентные в избранной проблеме и авторитетные специалисты;

– в качестве участников Школы приглашаются студенты, аспиранты, молодые ученые НИИ и вузов, которые делают о своих исследованиях сообщения;

– материалы Школы публикуются;

– создана страница Школы на сайтах peat.ussr.to, www.tspu.edu.ru, на которой помещены общие задачи, основные принципы организации и проведения Школы, База Данных участников и текущая информация.

ЧАСТЬ I. ИЗБРАННЫЕ ЛЕКЦИИ

ЭКОЛОГО-ХОЗЯЙСТВЕННЫЕ ФОНДЫ ПРИ РАСПРЕДЕЛЕНИИ ТОРФЯНЫХ РЕСУРСОВ

В.С. Архипов

Томский политехнический университет, г. Томск, alex@xtd.chtd.tpu.edu.ru

Освоение торфяных ресурсов основано на применении всех достижений науки и техники и контролируется государством в интересах всего общества. Рациональное использование торфяных ресурсов должно исходить из следующих функций торфяных болот:

1. Болото, как геологический объект или торфяное месторождение, имеющее определенные запасы торфа.
2. Болото, как земельное угодье, пригодное для использования в сельском хозяйстве или в лесоразведении.
3. Болото, как элемент экологической системы, выполняющее важные экологические функции.

Научный подход к рациональному использованию торфяных месторождений предполагает распределение торфяного фонда по определенной схеме, которая базируется не только на сырьевых свойствах торфа, но и учитывает известный опыт освоения торфяных болот под сельхозугодья, лесоразведение, природоохранные функции болот.

Практически такая схема разработана и осуществлена в Беларуси. Согласно этой схеме весь торфяной фонд делится по направлениям использования на целевые или эколого-хозяйственные фонды: охраняемый, запасной, разрабатываемый, земельный, резервный.

В охраняемый фонд включают торфяные месторождения, которые предполагается сохранить в их естественном состоянии. Они являются объектами водоохранного значения, местами заготовки ценного пищевого и лекарственного сырья, местообитанием редких представителей животного и растительного мира, охотничьими и рыболовными угодьями, зонами рекреации, уникальными месторождениями и др.

К водоохраным объектам относятся:

1. Водораздельные месторождения или их участки с высокой обводненностью, поверхность которых на 50 % и выше покрыта озерами.
2. Месторождения, из которых берут начало не менее двух рек 3–4 порядка; при низкой заболоченности водораздела (менее 20 %) допустимо выделение в охраняемый фонд месторождений, питающих одну реку 3–4 порядка;

3. Месторождения, поддерживающие водный режим озер и источников, имеющих научную, хозяйственную или рекреационную ценность (водные памятники природы, объекты рыбного промысла, источники чистой питьевой или минеральной воды, зоны отдыха и т.д.).

4. Месторождения, пересекаемые рекой расположенные в поймах и служащие для защиты пойм рек от эрозии, сохранения нерестовых участков рек, защиты рек от антропогенных загрязнений.

5. Месторождения, поддерживающие благоприятный водный режим в прилегающих лесных массивах.

Объектами научного значения являются:

1. Базы и стационары для наблюдений и исследований.
2. Уникальные, а также наиболее характерные по стратиграфии и растительному покрову месторождения.
3. Наиболее древние по возрасту.

В охраняемый фонд включают также воспроизводственные участки и места обитания ценных в охотхозяйственном отношении видов животных. При этом отдается предпочтение торфяным месторождениям, находящимся на территории государственных лесохозяйственных и опытно-показательных охотхозяйств, рыболовно-охотничьих баз и др.

Охране подлежат также следующие торфяные месторождения:

1. Места заготовки дикоросов, главным образом, клюквы при площади клюквенных участков не менее 10–20 % от площади месторождения и среднегодового урожая клюквы не менее 100 кг с 1 га.
2. Места заготовки лекарственных трав с богатыми запасами лекарственного сырья, с наличием редких и исчезающих видов болотной флоры и фауны или их сообществ, ценные в бальнеологическом отношении.

3. Места отдыха и питания птиц во время перелетов.

4. Зоны рекреации (места отдыха, туристско-экскурсионные базы и др.) а также болота, расположенные в зеленых зонах городов при низкой заболоченности территории.

Для условий Беларуси рекомендуется доводить площадь природоохранного фонда до 15 % от общей площади торфяных месторождений. В Западной Сибири, где заболоченность составляет 50 % и более, торфяные болота представляют основной элемент ландшафта. В связи с этим для сохранения экологического равновесия необходимо стремиться к сохранению в естественном состоянии не менее 30 % от общей площади месторождений.

В запасной фонд выделяются месторождения с ценными видами сырья. К ним относится битуминозное и гидролизное сырье, а также

сырье для получения активных углей и гуминовых препаратов. В этот же фонд входят месторождения с крупными запасами металлургического топлива. К битуминозному сырью относятся верховые торфа высокой степени разложения. В основном, это торфа пушицевой группы с содержанием битумов не менее 5 %. Верховые малозольные торфа высокой степени разложения пригодны также для получения активных углей и гуминовых препаратов. В качестве металлургического топлива используются малозольные торфа всех типов средней и высокой степени разложения. К гидролизному сырью относятся верховые сфагновые торфа низкой степени разложения. Запасы таких торфов в Западной Сибири велики и могут служить долговременной сырьевой базой гидролизного производства.

В разрабатываемый фонд входят торфяные месторождения с промышленными запасами сырья для производства традиционных видов торфяной продукции – топлива, органических удобрений и компостов, подстилки, строительной теплоизоляции. Основная масса добываемого в стране торфа используется для нужд сельского хозяйства. Среди продукции сельскохозяйственного назначения преобладают компосты, торфоминеральные аммиачные удобрения (ТМАУ). В меньших объемах производятся гранулированные торфоминеральные удобрения, а также прессованная продукция – грунт «Фиалка», торфяные горшочки, субстратные торфоблоки. В Европейской части страны для коммунально-бытовых нужд используются торфяные брикеты. В структуре потребления топлива всеми тепловыми электростанциями доля торфа невелика.

Некоторые месторождения наиболее эффективно могут быть использованы после осушения как сельхозугодья (пашни, пастбища, сенокосы) или для лесоразведения. Такие месторождения составляют **земельный или мелиоративный фонд**. Опыт показал, что в этом направлении наилучшие результаты получены на месторождениях низинного и переходного типа. К месторождениям земельного фонда относятся плохо осушаемые, удаленные от пахотных угодий на расстояние более 10–15 км. Среди месторождений земельного фонда значительную долю составляют мелкозалежные (средняя глубина менее 1,3 м) и высокозольные с зольностью торфа более 35 %. В районах, перспективных для лесоразведения, в земельный фонд включают обширные периферийные участки торфяных массивов с залежью переходного и низинного типа. Месторождения, не вошедшие в охраняемый, запасной, разрабатываемый и земельный фонд, составляют **резервный фонд**.

На территории Томской выявлено в настоящее время 1500 торфяных месторождений с запасами торфа около 30 млрд т. По запасам торфа Томская область занимает второе место по России, уступая лишь

Тюменской области. Крупнейшие запасы торфа, а также накопленный опыт добычи и переработки торфа позволяет развивать в Томской области мощные торфодобывающие и торфоперерабатывающие предприятия, обеспечивающие потребности в торфяной продукции не только Западной Сибири, но и стран Азиатско-Тихоокеанского региона. При крупных масштабах торфодобычи рациональное использование торфяных месторождений приобретает особенно важное значение.

Распределение торфяного фонда Томской области выполнено в 1985–1993 гг. (Инишева и др. «Торфяные ресурсы Томской области...», 1995). В первоочередной охраняемый фонд предложено включить 140 торфяных месторождений. Из них 11 являются государственными комплексными памятниками природы, 10 месторождений находятся на территории кедровников, 38 – входят в состав заказников. В качестве таковых можно отметить торфяные месторождения: Шалаево (Калтайский комплексный заказник), участок 5 торфяного месторождения Васюганское (Иксинский бобровый заказник), Чаинское (Поскоевский соболиный заказник), Чапгарское 1 (Першинский комплексный заказник). Водоохранное значение имеют месторождения, поддерживающие водное питание припоселковых кедровников: Кудринский, Лучаново-Ипатовский, Вороновский, Богашовский. Ряд месторождений поддерживает водный режим озер – памятников природы (озеро Будеево, озеро Поль-То). В зоне Томского водозабора выделены ряд месторождений (Карбышевское, Таган, Поросинское, Кудринское 1 и др.), предохраняющие от загрязнения грунтовые воды в зоне водозабора. Многие месторождения, находящиеся в водоохранной зоне рек, выполняют роль природных фильтров, защищая реки от загрязнений, поступающих в пойму рек с поверхностно-сточными водами. Наиболее показательным в этом отношении торфяное месторождение Обское 1–2, протянувшееся в левобережной пойме реки Обь на расстояние более 100 км. Его водоохранная роль особенно значима в связи с загрязнением поверхностно-сточных вод в условиях интенсивного аграрного производства Кежевниковского и Шегарского районов.

В запасной фонд Томской области выделены месторождения различных типов. Наиболее широко представлены верховые месторождения с большими запасами гидролизного сырья. К ним относятся верховые сфагновые болота, сложенные на большую глубину сфагновыми торфами низкой степени разложения. Такие болота распространены в центральной и северной части области. Первоочередные базы гидролизного сырья выделены в окрестностях населенных пунктов Колпашево, Белый Яр, Плотниково. Также достаточно велики запасы торфяного сырья для производства торфощелочного реагента и гуми-

новых препаратов. В основном, это переходные и низинные виды торфа, составляющие до половины запасов разнотипных месторождений центральной части области. В Томской области имеются благоприятные перспективы для развития черной металлургии на базе руд Бакчарского железорудного месторождения. В связи с этим в Бакчарском районе выделены крупные участки Васюганского торфяного массива как базы металлургического топлива. В качестве восстановителей в металлургических агрегатах наиболее пригодны низкочольные торфа всех типов средней и высокой степени разложения. Обычно они залегают в нижних слоях торфяной залежи, нередко составляя 50 % и более от общих запасов торфяного месторождения. Битуминозные торфа, как правило, встречаются в торфяных залежах верховых болот в виде прослоек и редко образуют мощные пласты. В Томской области битуминозные торфа обычно составляют около 1 % от общих запасов верховых сфагновых болот и не представляют интереса для промышленной добычи. Повышенные содержания битуминозных торфов встречаются в месторождениях Обь-Чулымского, Кеть-Тымского и Тым-Вахского междуречий. Для выявления промышленных баз битуминозного сырья на этих территориях необходимо проведение дальнейших геологоразведочных работ.

В настоящее время разрабатываемый торфяной фонд Томской области составляет 2650 га или 0.026 % от общего фонда. Разработкой затронута 40 торфяных месторождений. Большинство из них располагается в южных районах области и разрабатывалось для нужд сельского хозяйства. В частности, в Томском районе добыча торфа велась на месторождениях Таган, Усть-Кандинское, Б. Пивоваровское, Темное. Торф использовался для внесения в почву на полях местных хозяйств. Максимальная добыча торфа была достигнута в 1988 г. и составила 2.1 млн т. по всей области. В последнем десятилетии (1990–2000 гг.) добыча торфа прекращена.

Мелиорация торфяных болот в Томской области проводилась в ограниченных масштабах. В сельскохозяйственных районах (Томский, Шегарский) осушено и выработано 7 мелких торфяных месторождений, которые используются под пастбища и сенокосы. Кроме того, для целей лесовосстановления в Бакчарском и Шегарском районах осушено несколько участков Васюганского и Гусевского месторождений. Следует отметить, что мелкозалежные низинные болота распространены в южных районах Томской области и могут пополнить площади сельхозугодий более чем на 50 тыс. га.

В настоящее время освоение торфяного фонда Томской области находится на начальной стадии и составляет менее 0.5 % от общей

площади месторождений области. Между тем сырьевые ресурсы Томской области позволяют довести масштабы добычи торфа до 20 млн т. в год с обеспеченностью запасами на срок 50 и более лет. Реальным примером таких масштабов добычи может служить Беларусь. Запасы торфа в Томской области в 6 раз выше, чем в Беларуси, что обеспечивает надежную и долговременную сырьевую базу для производства как традиционных видов торфяной продукции, так и ценных продуктов термохимической и биохимической переработки (воски, активные угли, кормовые дрожжи, гуминовые препараты). Расчеты показывают, что даже при объеме добычи 20 млн т. торфа в год за 50-летний срок будет израсходовано лишь 3 % существующих запасов торфа Томской области.

РОЛЬ ДРЕВНЕЙШИХ БОЛОТ ПЛАНЕТЫ В СТАНОВЛЕНИИ СОВРЕМЕННОЙ БИОСФЕРЫ

В.К. Бахнов

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

Биосфера, как известно, зародилась в океане. Дальнейшее ее развитие было направлено на освоение организмами воздушной среды, затем литосферной оболочки суши. Этот магистральный процесс был положен в основу деления истории биосферы на три основных периода [1, 2]: гидроземный, атмосземный и литоземный. Каждому периоду соответствовала определенная форма почвообразования: гидроземная (подводная), атмосземная (болотная), литоземная (сухопутная). Почвообразование явилось одним из ведущих механизмов формирования современной биосферы, в частности ее кислородсодержащей атмосферы.

Для обогащения атмосферы кислородом необходимо не только его образование, но и выведение из биологического круговорота части органического углерода. Без утилизации органики атмосфера оставалась бы практически лишенной кислорода даже при условии интенсивной фотосинтетической деятельности зеленых растений. Ведущая роль в утилизации недоокисленной органики принадлежала почвам, в начале подводным, затем болотным.

Согласно данным одной из обобщающих работ по биотическим циклам углерода [3], основная масса органического углерода (99.90 %) сосредоточена в осадочных породах, где время его пребывания может исчисляться сотнями миллионов лет. Учитывая данное обстоятельство и признавая подводные почвы самой древней формой почвообразования на Земле, можно говорить о том, что основная масса органического углерода, заключенная в осадочных породах, прошла

стадию подводного почвообразования, когда органическое вещество создавалось только в водной среде микробиологическими сообществами, в которых преобладали цианобактерии.

Утилизация органического вещества вновь получила наивысшее выражение в последующий атмосферный период развития биосферы, о чем свидетельствуют залежи каменного угля, исходным материалом образования которых служили древние болотные почвы. Первые признаки накопления углей относятся к нижнему девону, для среднего девона уже известны промышленные месторождения. Широкомасштабное распространение залежей каменного угля приурочено к карбону и перми [4].

Среди видов ископаемого топлива на долю запасов каменного угля приходится более 88 %. По современным оценкам [3], в нем законсервировано 6800.1012 кг органического углерода. Это количество углерода в 2.6 раза превышает суммарное его содержание (2600.1012 кг) в почвенном покрове суши (гумус, торф, детрит) и наземной биоте.

Как видим, утилизация огромного количества недоокисленной органики на длительное время — одна из основных исторических функций, выполненных болотным почвообразованием в период становления современной биосферы. Выведение из круговорота углерода сопровождалось накоплением свободного кислорода и формированием кислородсодержащей атмосферы, а также коренными преобразованиями геохимии Мирового океана и суши. Изменявшиеся в результате этого экологические условия отражались и на эволюционных преобразованиях биоты Земли [5].

Болотное почвообразование, кроме утилизации органики, выполняло еще одну не менее важную функцию в истории биосферы. Болотные почвы оказались наиболее благоприятной экологической средой в процессе выхода растений из воды и освоения ими воздушного окружения, а затем и литосферной оболочки суши.

Воздушная среда и литосферная оболочка суши различаются между собой и отличаются от водной среды резкой экологической контрастностью. Поэтому процесс одновременного освоения организмами, прежде всего растениями, этих новых сред обитания был бы непомерно сложным и практически неосуществимым. Он совершался постепенно и характеризовался определенной последовательностью.

Растения, прежде чем поселиться на суше, вынуждены были сначала адаптироваться к жизни в условиях воздушного окружения. Соприкосновение их с воздушной средой было едва ли не самым трудным шагом в процессе формирования наземных растений [6]. В то же время, выход из водной среды открывал им возможность наиболее полного использования лучистой энергии солнца и газового состава атмосферы.

Болото можно рассматривать и как водоем, где вода связана органикой, и как сушу, содержащую 80–90 % воды и 20–10 % сухого вещества. Обладая таким двуединством, экологический контраст между водной средой и сушей в болоте являлся наименьшим. Благодаря этому, болотное почвообразование в истории биосферы выполнило своего рода роль переходного моста, по которому растения вышли из воды на сушу.

Болотные почвы на Земле появились в конце силура начале девона, т.е. примерно 400 млн лет тому назад. Этим же временем специалисты эволюционной фитоценологии датируют выход из водной среды предков современных растений. Совпадение по времени этих событий в истории биосферы является неслучайным явлением.

На данном этапе развития биосферы растения во многих отношениях были сходны с водными предками, и длительное время сохраняли потребность в постоянном обильном увлажнении среды своего обитания. Роль фактора, стабилизовавшего водообеспечение, выполняло органическое вещество, которое по своей природе обладает высокой способностью поглощать и удерживать воду в больших количествах. Эта особенность органического вещества послужила предпосылкой использования создаваемых самими же растениями запасов мертвых остатков в качестве субстрата — почвы.

Исходя из положения о том, что основной функцией растительных сообществ является не продуктивность, а стремление создать стабильные системы [7, 8], то можно говорить о том, что накопление органического вещества на рассматриваемом историческом этапе имело исключительно важное экологическое значение.

Первыми представителями растений суши (вернее сказать болот) считают псилофиты. Тело этих растений представляло собой корневище, погруженное в воду и, лишь на короткое время, на поверхность воды выбрасывался небольшой, высотой около 20 см, спорангий [9]. Псилофиты просуществовали недолго: появились в конце силура и во второй половине девона вымерли. В карбоне и перми растительный покров формировали представители голосеменных (семенные папоротникообразные, кордаиты) и папоротникообразных (папоротники, плауны, хвощи и др.). В основном остатками этих растений в указанные эпохи были сформированы болотные почвы, широко представленные в наше время в виде залежей каменного угля.

Болотные почвы служили не только резервуаром влаги, но и источником азота и зольных элементов, количество и пропорции которых в некоторой мере были упорядочены и более или менее соответствовали составу произраставших на них растений. Мертвые остатки растений, формировавшие почвы, служили благоприятной средой обита-

ния гетеротрофных организмов, которые создавали здесь замкнутые пищевые цепи и соответствующие круговороты веществ. Удачное сочетание основных свойств делало органогенные почвы исключительно благоприятным субстратом в период адаптации растений к воздушной среде, а затем и к литосферной оболочке суши. С этим обстоятельством мы связываем появление в первой половине палеозойской эры и в конце ее уже широкое распространение болотных формаций.

На примере относительно примитивных растений, какими являются мхи, которые могли быть одними из первых растений суши [7, 9, 10], можно видеть один из возможных вариантов кардинального приспособления растений к условиям жизни вне водной среды. Так, у широко распространенных на современных болотах сфагновых мхов отсутствуют корни и специализация тканей. Водное и минеральное питание они осуществляют всей поверхностью тела, при этом поглощают и удерживают влагу в больших количествах, превышающих их сухую массу в 15–20 раз. Уникальная особенность мхов заключается еще и в том, что одновременно с вертикальным ростом верхушки происходит отмирание нижних частей стеблей, остатками которых формируется исключительно влагоемкий субстрат, служащий одновременно источником влаги и зольных элементов для вегетирующих частей растений.

На примере мохообразных можно видеть, как в процессе эволюции растения не только приспособлялись к среде, но одновременно становились и менее зависимыми от нее, приобретали некоторую самостоятельность, которая достигалась и путем создания ими субстрата – почвы.

Атмосферный период в развитии биосферы продолжался около 200 млн лет. За это время организмы адаптировались к жизни в условиях воздушного окружения. Произошли важные эволюционные преобразования растительного мира: сформировался приспособленный к существованию и функционированию вне водной среды фотосинтезирующий аппарат, появилось большое генотипическое разнообразие, формирование которого сопровождалось морфоанатомическим и физиологическим прогрессом, осуществлялась дифференциация и специализация тканей, выработалась способность растений развиваться в вертикальной плоскости, широкое господство получили древовидные формы, открывшие путь к активному поглощению фотосинтезирующим аппаратом лучистой энергии солнца.

Таким образом, в течение атмосферного периода благодаря болотному почвообразованию растения эволюционно были подготовлены к переселению на литосферную оболочку суши. Однако растительность атмосферного периода имела слаборазвитую корневую систему, приспособленную к функционированию в условиях влажных органогенных

почв. Удовлетворение потребности произрастающих на болотах растений во влаге и зольных элементах не вызывало острой необходимости в существенных преобразованиях подземных органов, что послужило причиной отставания в развитии корневых систем от надземной части. Дальнейшее совершенствование растений, прежде всего корневых систем, происходило в течение последующего периода – литоземного.

Древнее болотное почвообразование оказало большое влияние на эволюцию не только растений, но и животных. Трофическая связь заставляла животных в своем развитии следовать за эволюцией системы почва-растение. Заболачивание древних водоемов, сопровождавшееся образованием торфяного субстрата непосредственно в месте обитания животных – водоеме, послужило предпосылкой освоения болотных почв водными животными, прежде всего обитателями бентали. Дальнейшая эволюция животных следовала за формированием первичного почвенно-растительного покрова на литосферной оболочке суши. Эколого-зоологическими исследованиями М.С. Гилярова [11, 12] было показано, что животные, прежде всего беспозвоночные, современных сухопутных почв, являются выходцами из влажных местообитаний – заболачивающихся водоемов и болот.

Литература

1. Бахнов В.К. Биогеохимические аспекты болотообразовательного процесса. Новосибирск, 1986. 193 с.
2. Бахнов В.К. Основные вехи эволюции биосферы и почвообразования // IV Всерос. конф. «Проблемы эволюции почв»: Тез. докл. М., 2001. С. 9–10.
3. Кобак К.И. Биотические компоненты углеродного цикла. Л., 1988. 248 с.
4. Степанов П.И. Теория поясов угленакопления // Юбилейный сборник, посвященный тридцатилетию Великой Октябрьской социалистической революции. М.; Л., 1947. Ч. 2. С. 172–193.
5. Бахнов В.К. Почвообразование и организмы (палеоэкологические аспекты) // Сиб. экологический журн. 2002. № 3. С. 319–323.
6. Уранов А.А. Растение и среда // Жизнь растений. М., 1974. Т. 1. С. 58–86.
7. Плотников В.В. Эволюция структуры растительных сообществ. М., 1979. 275 с.
8. Шварц С.С. Эволюция и биосфера // Проблемы биогеоценологии. М., 1973. С. 213–228.
9. Комаров В.Л. Происхождение растений. М., 1961. 190 с.

10. Шенборн В. О первичных биотопах живого мира // Журн. общ. биологии. 1987. № 1. Т. 48. С. 27–40.

11. Гиляров М.С. Особенности почвы как среды обитания и ее значение в эволюции насекомых. М.; Л., 1949. 279 с.

12. Гиляров М.С. Зоологический метод диагностики почв. М., 1965. 278 с.

БИОГЕОХИМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ РАЗВИТИЯ БОЛОТНЫХ ПОЧВ И БОЛОТ

В.К. Бахнов

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

В начале двадцатого столетия К. Вебер подразделил растительные группировки по их требовательности к содержанию элементов минерального питания в субстрате на эвтрофные (требовательные), олиготрофные (малотребовательные) и мезотрофные (занимающие промежуточное положение) сообщества. В соответствии с таким делением растительности было осуществлено и деление болот. Эти названия употребляют как синонимы соответственно низинного, переходного и верхового болот. Позднее В.Н. Сукачев, принимая растительность как производное условий водного питания, подразделил болота на грунтового (низинные, переходные) и атмосферного (верховые) питания. Он полагал, что грунтовые воды достаточно минерализованы и способны обеспечить произрастание требовательных к минеральному питанию растений, тогда как слабоминерализованные атмосферные осадки вполне могут обеспечить потребность в зольных элементах растения верховых болот. Однако и на верховых болотах в процессе их дальнейшего развития начинает проявляться недостаток элементов минерального питания, приводящий к деградации сфагнового покрова и переходу болота в завершающую стадию развития, названную В.Д. Лопатиным [1] дистрофной. Современные эвтрофные, мезотрофные, олиготрофные и дистрофные болота представляют собой пространственно разобщенные стадии единого болотообразовательного процесса.

Иной точки зрения на болотообразование придерживался В.Р. Вильямс [2], отрицавший роль природной влаги как источника элементов питания и как фактор заболачивания суходолов. По Вильямсу, заболачивание — это следствие саморазвития почв и растительности, а причина образования болот — недостаток в почве зольных элементов.

При этом почву он рассматривал как единственный источник элементов питания для болотной растительности.

Традиционные представления о том, что верховые болота — это болота атмосферного питания, а низинные — грунтового, вызвали сомнения у некоторых болотоведов, считавших, что нет четкого понятия «грунтовые воды», а вода, поступающая в болото и циркулирующая в торфяной залежи, в конечном счете, всегда имеет атмосферное происхождение. В связи с этим А.А. Ниценко [3] предлагал отказаться от подразделения болот по типам водного питания, а минеральный состав воды, по его мнению, не следует связывать с типом вод, питающих болото.

Грунтовые воды считали одной из главных причин заболачивания суходолов. Однако исследования, проведенные на заболоченных территориях, показали, что основу приходной части водного баланса болот Карелии и Европейского Севера страны, а также болот Западной Сибири составляет атмосферная влага. Вообще, роль грунтовых вод в обводнении болот признается незначительной [4].

Атмосферные осадки, не загрязненные деятельностью человека, — ультрапресные, минерализация их не более 100 мг/л [5]. В зоне широкого распространения верховых болот на европейской части страны изменяется от 10 до 25 мг/л [6, 7].

Сравнение количеств основных макроэлементов, выпадающих в настоящее время из атмосферы [8, 9] с результатами изучения круговорота азота и зольных элементов в болотных растительных сообществах [10, 11] показало, что аэральные поступления S, Ca, Mg, Fe и Si превышают количества этих элементов, потребляемых фитоценозами. Не все фитоценозы могут удовлетворить потребность за счет атмосферного источника в таких биологически важных элементах как N, K и особенно P, однако доленое участие их в балансе питательных веществ болотной растительности значительно.

Высокая насыщенность современных атмосферных осадков химическими элементами — следствие человеческой деятельности. В период предшествующий активному техногенезу объем их поступлений бесспорно был существенно меньше современного. В течение длительного периода существования болота получали из атмосферы некоторое «фоновое» количество биогенных элементов, определявшееся естественным ходом развития природы.

Развитие современных болот вплоть до активного вмешательства человека в природную обстановку протекало в окружении практически девственных ландшафтов. Поверхностный и почвенно-грунтовый сток

воды с окружающих болота ландшафтов не мог быть значительным по объему и играть заметную роль в снабжении болотных фитоценозов элементами минерального питания. Естественные фитоценозы, особенно лесные, на водосборах выполняли регулирующую функцию поверхностного стока. Рыхлое состояние верхних горизонтов обуславливает хорошие фильтрационные свойства лесных почв, что значительно ослабляет или чаще всего совсем приостанавливает поверхностный сток. Сведение естественного покрова в результате рубок леса и распашки сопровождается усилением поверхностного стока и выносом основных биогенных элементов [12].

Мощным препятствием на пути гидрогенной миграции химических элементов с поверхностным и внутрипочвенным стоком является включение их в биологический круговорот. В таежной зоне, где сосредоточены основные площади болот, в соответствии с геохимической обстановкой функционируют лесные фитоценозы. Их видовой состав сформирован таким образом, чтобы в этих условиях среды максимально противостоять отчуждению биогенных элементов за пределы биогеоценоза. В лесных ценозах аккумулируется до 2000–4000 кг/га зольных элементов, причем более половины их количества содержится в многолетних органах и лишь 20–25 % – в зеленых частях, которые на 70–85 % формируют минеральный состав опада [13]. Такое распределение зольных элементов во фракциях фитомассы ограничивает возможность их потерь в условиях промывного водного режима.

Противодействие миграции биогенных элементов за пределы биогеоценоза проявляется и в способности многих видов растений концентрировать биогены. В лесной зоне активным мигрантом может быть марганец, здесь произрастает большое количество видов (береза, осина, рябина, смородина, черника, брусника, костяника и др.), способных накапливать его в больших количествах (до 1500–2000 мг/кг). Совмещение по времени активности процессов разложения опада и высвобождения из него биогенных элементов, с одной стороны, и поглощение их растениями, с другой, способствует сохранению биогенных элементов в системе почва – растение. Преобладание фитомассы прироста над опадом также является важным фактором предотвращения потерь биогенных элементов лесными фитоценозами. Их количество, ежегодно удерживаемое в истинном приросте, составляет 25–90 кг/га [13]. Задержка и постоянное вовлечение в биологические циклы ограничивает возможность гидрогенной миграции многих химических элементов. Поэтому отчуждение их за пределы природных фитоценозов сведено до минимума.

Водные растворы на своем пути в почвенном профиле встречают ряд барьеров. Один из них – корнеобитаемая зона, где элементы захватываются растениями. Высвобождающееся из опада Fe вновь поглощается растениями не менее чем на 70 %, а поглощение P достигает 95 % [14].

В лесной зоне, где преобладают подзолистые и дерново-подзолистые почвы, в которых содержание R_2O_3 нередко достигает 20 % и более, снижается подвижность P, Ca, Mg, Co, B, Zn и других элементов. До 60 % водорастворимого фосфора связывается R_2O_3 и передвижение его с гравитационной влагой в виде истинных растворов отсутствует [15]. Лесные заболоченные почвы полностью удерживают P и N [16].

Рассмотрение роли природных вод в снабжении болотного фитоценоза было бы неполным без учета влияния на этот процесс торфяной залежи. Последняя характеризуется большой водоудерживающей и слабой фильтрационной способностью. Относительно активный водообмен наблюдается в деятельном слое, мощность которого в различных болотных микроландшафтах неодинакова. В Западной Сибири [17] толщина деятельного слоя в микроландшафтах зоны распространения верховых болот изменяется от 16 до 54 см, а в микроландшафтах зоны низинных болот – от 24 до 95 см. Фильтрация воды происходит в основном в верхнем слое, где средние показатели коэффициента фильтрации изменяются в деятельном слое верховых болот от 0.014 до 13 см/с, низинных – от 0.0008 до 3.5 см/с. С глубиной скорость фильтрации влаги резко снижается и может достигать всего лишь 0.00005 см/с. Малой фильтрационной способностью характеризуется торфяная толща и в горизонтальном плане. Лишь в верховых болотах коэффициент горизонтальной фильтрации заметно выше коэффициента вертикальной фильтрации. В низинных болотах различия между ними менее существенны.

При высоком уровне почвенно-грунтовых вод на водоразделах сток влаги с повышенных элементов рельефа бывает направлен в сторону болота. При понижении уровня почвенно-грунтовых вод на прилегающей к болоту территории сток влаги осуществляется в противоположном направлении, т.е. обратно уклону поверхности [18, 19]. По мере увеличения вертикальных и горизонтальных размеров торфяника, усиливается, а затем и превалирует перемещение влаги и вещества в направлении от нижних к вышележащим частям катены [20].

На легких по гранулометрическому составу почвах заболачивание сопровождается формированием кальматированного тонкодисперсными органико-минеральными частицами слоя мощностью 20–50 см, во-

допроницаемость которого на 1–2 порядка меньше водопроницаемости разделяемых этим слоем торфяной залежи и минерального ложа. Кальматированный слой ограничивает не только водообмен, но и служит геохимическим барьером на пути поступления в торфяную залежь биогенных элементов с грунтовыми водами.

Многие химические элементы, особенно металлы, образуют с органическим веществом торфа разной прочности соединения. Торф способен поглотить из водного раствора 50–75 % Mn и Co, 87–98 % Cu от исходного количества элемента [21]. Медь, внесенная в торф в виде водного раствора в большом количестве (500 мг/кг торфа), очень быстро и прочно фиксируется низинным торфом [22]. Болотные почвы проявляют высокую поглотительную способность и в отношении фосфат-иона, которая может достигать 2930.4 мг P_2O_5 /100 г торфа [23]. Решающая роль в связывании многих ионов принадлежит гуминовым кислотам [24, 25, 26 и др.].

Растения избирательно поглощают и концентрируют элементы питания, что позволяет охарактеризовать средний элементный химический состав болотных растений (табл.). Самые низкие концентрации элементов, за исключением Fe, Si и Na, свойственны болотным лишайникам. Сфагновые мхи по зольному составу занимают следующую после лишайников позицию. Хвоя и листья кустарничков характеризуются относительно умеренным содержанием многих элементов, что позволяет эти растения расположить вслед за сфагновыми мхами. По количеству золы и накоплению многих элементов гипновые мхи занимают более высокое положение по сравнению со всеми вышеназванными группами растений. Наибольшее количество золы и практически всех зольных элементов содержат листья древесных пород и кустарников, а также травянистые цветковые растения. По степени обогащенности основными элементами растения образуют следующий ряд: травянистые и древесные цветковые растения – хвойные – мхи сфагновые – лишайники. Такое расположение систематических групп отражает общую направленность сукцессий в процессе развития болот, т.е. растения, более обогащенные биогенными элементами, сменяются видами менее обогащенными ими. Данный ряд отражает не только общую направленность сукцессий, вызываемых естественным ходом развития современных болот, но и, если рассматривать его в ретроспективном плане, общую последовательность появления на Земле этих растений.

От химизма болотных растений зависят показатели зольности и степени разложения, с которыми тесно коррелирует объемная масса торфа, определяющая многие водно-физические свойства болотных почв.

Содержание биогенных элементов в болотных растениях

Группа растений	Зольность, %	%										мг/кг					
		N	P	K	Ca	Mg	Si	Na	Fe	Mn	Zn	Cu	Mo				
Лишайники	2.2	0.5	0.08	0.16	0.07	0.04	0.45	41	552	51	20	2.8	0.16				
Мхи сфагновые	2.9	0.9	0.10	0.59	0.28	0.09	0.35	413	584	281	26	3.5	0.28				
Мхи гипновые	3.7	0.8	0.15	0.62	0.35	0.13	0.48	213	615	177	24	7.9	0.56				
Хвойные: хвоя, ветви	2.3 1.7	1.0 0.5	0.11 0.06	0.45 0.23	0.43 0.40	0.13 0.07	0.24 0.19	26 32	81 124	527 176	55 40	2.3 2.6	0.40 0.25				
Кустарнички: листья, ветви	3.0 1.4	1.1 0.6	0.14 0.06	0.46 0.19	0.73 0.27	0.16 0.06	0.21 0.18	38 30	116 125	1390 850	22 20	3.7 3.9	0.28 0.32				
Лиственные древесные: листья, ветви	4.6 1.7	1.1 0.4	0.25 0.07	0.69 0.31	1.51 0.86	0.44 0.18	0.32 0.17	44 42	136 57	1565 273	216 134	4.1 5.5	0.54 0.34				
Травянистые растения	5.5	1.3	0.16	1.07	0.59	0.32	0.99	–	128	489	68	2.7	0.58				

Разложение опада осуществляется совместным действием различных факторов.

Однако интенсивность и глубина распада растительных остатков в первую очередь зависит от видовой принадлежности растений, обуславливающей биохимический и минеральный состав мертвых остатков [27, 28]. Среди болотных растений энергичнее всего разрушаются вахта трехлистная, сабельник, гравилат речной, папоротник, труднее – сфагновые мхи. Промежуточное положение между этими растениями занимают осоки [29]. Разложение сфагновых мхов протекает очень медленно. За 4.5 месяца листья таволги потеряли 40.8–42.2 %, листья березы – 34.9–40.0 %, а сфагновый мох всего лишь 6.5–7.6 % своего первоначального веса [28]. Одной из основных причин медленного разложения мертвых остатков некоторых растений является дефицит основных биогенных элементов в среде. В условиях верхового болота процесс разложения *Sphagnum fuscum* и пушицы приостанавливается на стадии распада легкогидролизуемых полисахаридов. Фактором, лимитирующим распад целлюлозы остатков этих растений – дефицит биогенных элементов, прежде всего доступного азота. За период проведения эксперимента (1.5 года) опад *Sphagnum fuscum* потерял в весе всего 20–25 % первоначальной массы. На варианте опыта с внесением извести и NPK общая убыль остатков сфагнового мха составила 47 %. Причем в удобренной почве опад мха подвергся более глубокой деструкции, чем в не удобренной. Минеральные удобрения способствовали увеличению численности бактериальной флоры и изменению ее группового состава [30].

Наличие в фитоценозе обогащенных зольными элементами видов способствует разложению и той части в составе опада, которая в отдельности менее активно заселяется микроорганизмами и медленнее разрушается [31]. Климат и геоморфологические условия, по мнению А.А. Гребенщиковой, не являются определяющими факторами степени разложения торфа. Важное значение в этом процессе имеют особенности минеральных грунтов, т.е. предболотных почв, подстилающих торфяную залежь.

Болотной почвой, согласно существующему определению, следует называть «верхний, часто очень маломощный горизонт торфа до глубины распространения корней и наиболее низкого уровня почвенно-грунтовых вод ... Слои торфа, залегающие глубже ... превращаются в породу» [32, с. 47]. Данное определение тождественно понятию болотоведов о деятельном слое торфяной залежи.

Болотные почвы развиваются путем нарастания профиля вверх. Поэтому их история фиксируется в профиле всей органогенной толщи. Подстилающий торф минеральный субстрат представляет собой

метаморфизированную болотообразовательным процессом минеральную почву. Ограничивая понятие болотной почвы рамками деятельного слоя мы тем самым лишаем почву истории ее происхождения и развития. Поэтому включение в объем понятия «болотная почва» всей толщи органогенного профиля и верхних горизонтов подстилающей торф минеральной почвы диктуется почвенно-генетическими особенностями болотного почвообразования. Верхний деятельный слой торфяной залежи, отождествляемый в настоящее время с болотной почвой, мы рассматриваем как фрагмент почвенного профиля, соответствующего современной стадии почвообразования [33].

Почва, эволюционирующая в болотную (опосредованно через фитоценоз) определяет вещественный состав и свойства формирующегося органогенного профиля, т.е. выполняет роль почвообразующей породы. Примерно 50–90 % количества отдельных элементов накапливается на ранней стадии формирования торфяной залежи, когда ее мощность составляет 20–30 см. Чем выше запасы биогенных элементов в подвергшейся заболачиванию почве, тем более продолжительное время будут произрастать относительно требовательные к минеральному питанию фитоценозы, тем большая мощность низинного торфа будет сформирована их мертвыми остатками. Другими словами, биогеоценоз более длительное время будет находиться в стадии низинного болота.

Корнеобитаемый слой, в силу аккумулятивного характера болотного почвообразования, не остается на одном месте, а постоянно смещается вверх, перемещая вовлеченные в биологический круговорот элементы из нижних слоев в верхние. В топяных местообитаниях у большей части произрастающих трав корневые системы располагаются в слое 0–20 см. Однако корни таких представителей топяных сообществ как осоки вздутая и омекая, тростник, хвощ топяной, вахта трехлистная распространяются на глубину 70 см. и глубже. В.С. Доктуровский [34], ссылаясь на работы финских исследователей, отмечал, что из 118 изученных видов у 50 % корни располагались в слое 0–15 см и только у 10 % видов они достигали 50 см и глубже. Большие колебания в максимальной глубине корней были обнаружены у тростника, хвоща, некоторых осок, белокрыльника, вахты трехлистной, сабельника и других видов, у которых в корнях хорошо развиты воздушные ходы.

Зольные элементы, остающиеся вне сферы распространения корней, практически исключаются из дальнейшего круговорота, в результате чего происходит обеднение верхней части почвенного профиля элементами минерального питания, что приводит к сукцессиям растительных группировок в процессе развития болота.

Зольные элементы, вовлеченные в болотообразовательный процесс из предболотной почвы, принимают участие и в питании мхов, не имеющих корней и осуществляющих водное и минеральное питание всей поверхностью тела. В обеспечении мхов элементами минерального питания участвуют те виды растений, которые являются их спутниками на болоте. Это – кустарнички, морошка, пушица, шейхцерия и др. Из их опада некоторая часть элементов извлекается кислой болотной водой, оставшееся количество высвобождается и переходит в воду в процессе разложения опада. Мхи, поглощая воду, поглощают и элементы зольного питания.

Таким образом, заболачивающаяся почва служит основным источником зольных элементов для болотной растительности, определяет вещественный состав и свойства формирующегося на ней органогенного профиля. Распределение биогенных элементов в органогенном профиле осуществляется главным образом биологическим путем в процессе его формирования.

В болотоведении существует ряд проблем, решение которых с гидрологических позиций не привело к успеху. Нерешенным остается до сих пор вопрос о происхождении болотных комплексов, в частности грядово-мочажинных. Болотоведами было предпринято немало попыток объяснить причины и механизмы образования гряд и мочажин [35, 36, 37]. Данное явление они прямо или косвенно пытались связать с деятельностью влаги. Новый взгляд на образование мочажин и озерков развивает В.А. Фриш [38, 39]. Он предлагает рассматривать торфяный купол как геологическую структуру, а мочажины и озерки – как системы закономерно ориентированных разломов, образовавшихся в результате выхода на поверхность болота газов и внутризалежных вод.

Нерешенность проблемы происхождения болотных комплексов можно объяснить тем, что исследователи не учитывали роли минерального ложа в образовании рельефа на современных болотах. Инструментальный профиль, проложенный нами через грядово-мочажинный комплекс на Бакчарском болоте (Томская область), позволил выявить четкую зависимость расположения гряд и мочажин относительно положительных и отрицательных форм микрорельефа минерального ложа (рис. 1). Обнаружена определенная зависимость некоторых параметров гряд и мочажин от формы и степени выраженности микрорельефа ложа. Связь рельефа поверхности болота с рельефом поверхности подстилающего торф ложа свойственна не только исследованному микроландшафту. Она имеет место и в грядово-озерковом комплексе (рис. 2), где положение озерков и разделяющих их гряд достаточно строго приурочено соответственно понижениям и повышениям рельефа ложа.

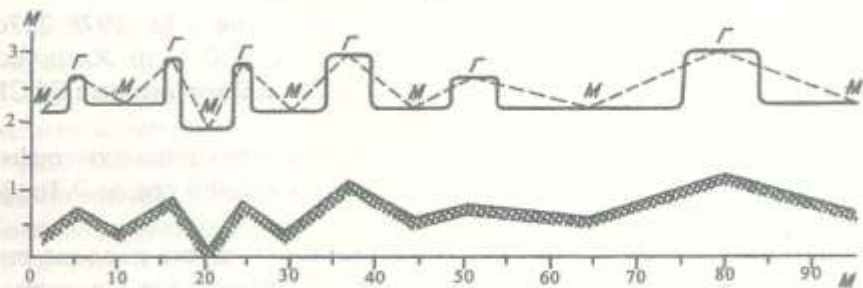


Рис. 1. Профиль грядово-мочажинного комплекса
М – мочажина; Г – гряда

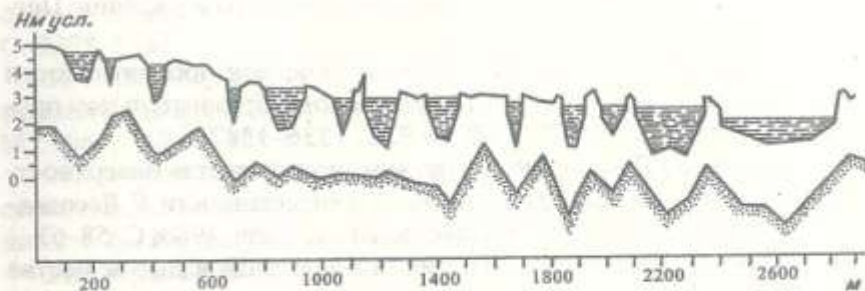


Рис. 2. Профиль грядово-озеркового комплекса [17]

Таким образом, в основе развития болотных комплексов и вообще болот лежит «программирующее» начало – рельеф и почвенный покров территорий, на которых были сформированы современные болотные массивы.

Литература

1. Лопатин В.Д. О некоторых общих вопросах болотоведения // Болота Европейского Севера СССР (структура, генезис, динамика). Петрозаводск, 1980. С. 5–17.
2. Вильямс В.Р. Почвоведение. М., 1949. 471 с.
3. Ниценко А.А. Краткий курс болотоведения. М., 1967. 148 с.
4. Маслов Б.С. О подземном питании болот // Бюл. МОИП. Отд-ние геол. 1967. Т. 42 (2). С. 99–112.

5. Шварцев С.Л. Гидрогеохимия зоны гипергенеза. М., 1978. 287с.
6. Дроздова В.М., Петренчук О.П., Селезнева Е.С. и др. Химический состав атмосферных осадков на Европейской территории СССР. Л., 1964. 209 с.
7. Тюремнов С.Н., Ларгин И.Ф. Растительные группировки торфяных месторождений и химический состав их водной среды // Торф. промышленность. 1968. № 2. С. 21–24.
8. Саарман Т.Е. О поступлении минеральных веществ из елово-лиственного опада в бурую псевдоподзолистую почву // Бюл. Почвенного ин-та им. В.В. Докучаева. 1979. Вып. 20. С. 19–21.
9. Пьявченко Н.И. Об изучении болот в связи с проблемой «Человек и биосфера» // История биогеоценозов СССР в голоцене. М., 1976. С. 46–57.
10. Морозова Р.М. Биологический круговорот веществ в сосняках брусничных и лишайниковых // Почвы сосновых лесов Карелии. Петрозаводск, 1978. С. 85–112.
11. Глебов Ф.З., Толейко Л.С. О биологической продуктивности болотных лесов, лесообразовательном и болотообразовательном процессах // Ботан. журн. 1975. Т. 60. № 9. С. 1336–1347.
12. Матухно Ю.Д. Влияние леса на химический состав поверхностного стока с водосборов Придеснянской возвышенности // Лесоводство и агромелиорация. Вып. 58. Лесоведение. Киев, 1980. С. 58–63.
13. Родин Л.Е., Базилевич Н.И. Динамика органического вещества и биологический круговорот в основных типах растительности. М.; Л., 1965. 253 с.
14. Фокин А.Д., Черникова И.Л., Ибрагимов К.Ш. и др. Роль растительных остатков в обеспечении растений зольными элементами на подзолистых почвах // Почвоведение. 1979. № 6. С. 53–61.
15. Хмелинин И.Н. Трансформация водно-растворимых ортофосфатов в подзолистых пахотных почвах // Биологические проблемы Севера. IX симпозиум: Тез. докл. Сыктывкар, 1981. Ч. 1. С. 327.
16. Сухорукова Л.Н. Миграция химических элементов в лесных почвах в связи с их осушением // Осушение и восстановление леса на заболоченных землях Северо-Запада. Л., 1973.
17. Болота Западной Сибири, их строение и гидрологический режим. Л., 1976. 447 с.
18. Орловский Н.В. Некоторые черты динамики верховодки в Барабе // Почвоведение. 1945. № 5–6. С. 277–284.
19. Роде А.А. Режим почвенно-грунтовых вод подзолистых, подзолисто-болотных и болотных почв. // Тр. Почвенного ин-та им. В.В. Докучаева. Материалы по изучению водного режима почв. М.; Л., 1950. Т. 32. С. 5–73.

20. Караваева Н.А. Заболачивание и эволюция почв. М., 1982. 196 с.
21. Конунникова Н.Ф. Исследование сорбции марганца, кобальта и меди почвами Дальнего Востока. Владивосток, 1971. 19 с.
22. Бахнов В.К. Биогеохимия и агрохимия меди и марганца в Барабинской низменности // Медь, марганец и бор в ландшафтах Барабинской низменности и Новосибирского Приобья. Новосибирск, 1971. С. 10–54.
23. Лапа В.В. Особенности физико-химического режима торфяно-болотных почв // Изв. АН СССР. Сер.: Сельскохозяйственных наук. 1976. № 3. С. 36–38.
24. Белькевич П.И., Чистова Л.Р. Ионобменные свойства торфа. Сообщение 1 // Тр. Ин-та торфа АН БССР. 1957. Т. 6. С. 130–141.
25. Буркат С.К. О взаимодействии торфяных гуминовых кислот с солями тяжелых металлов // Журн. прикл. химии. 1969. Т. 33. № 9. С. 2378–2381.
26. Салаи А. Роль гумусовых кислот в геохимии урана и их возможная роль в геохимии других катионов // Химия земной коры. Т. 2. М., 1964. Т. 2. С. 428–442.
27. Пигулевская Л.В., Раковский В.Е. Изменение химического состава отдельных видов торфа в зависимости от их возраста. Сообщение 2 // Тр. Института торфа АН БССР. 1957. Т. 6. С. 110–122.
28. Егорова Р.А. Разложение некоторых растений-торфообразователей в условиях болот Южной Карелии // Закономерности развития почвенных микроорганизмов. Л., 1975. С. 164–185.
29. Козловская Л.С. Процессы разложения болотных растений в торфяных почвах // Почвенные исследования в Карелии. Петрозаводск, 1974. С. 190–196.
30. Германова Н.И. Процессы минерализации торфообразователей как показатель эффективности мелиорации верховых болот // Научные основы повышения эффективности использования лесных болот Карелии. Петрозаводск, 1982. С. 11–29.
31. Гребеншикова А.А. Малоразложившиеся торфяные залежи (их генезис, особенности строения и свойства торфа) // Сб. статей по изучению торфяных месторождений. М., 1956. С. 46–80.
32. Скрынникова И.Н. К вопросу об истории исследования, принципах классификации и систематики болотных почв СССР // Почвоведение. 1954. № 4. С. 37–50.
33. Бахнов В.К. Биогеохимические аспекты болотообразовательного процесса. Новосибирск, 1986. 192 с.
34. Доктуровский В.С. Торфяные болота. Происхождение, природа и особенности болот СССР. М.; Л., 1935. 224 с.

35. Богдановская-ГиенэФ И.Д. Образование и развитие гряд и мочажин на болотах // Сов. ботан. 1936. № 6. С. 35–52.

36. Кац Н., Кириллович М., Лебедева Н. Движение поверхности сфагновых болот и формирование их микрорельефа // Землеведение. 1936. Т. 38. Вып. 1. С. 1–34.

37. Ниценко А.А. О происхождении грядово-мочажинного рельефа на болотах // Вестн. ЛГУ. 1964. № 21. Сер.: Биология. Вып. 4. С. 75–87.

38. Фриш В.А. Торфяная тектоника // Изв. Всесоюз. географ. о-ва. 1978. № 2. С. 108–116.

39. Фриш В.А. Ландшафтный и структурно-геологический анализ развития болот // Изв. Всесоюз. географ. о-ва. 1981. № 2. С. 122–129.

БИОЛОГИЧЕСКАЯ ПРОДУКТИВНОСТЬ БОЛОТ

Е.А. Головацкая

Институт оптического мониторинга СО РАН, г. Томск, ceo@iom.tomsknet.ru

Круговорот углерода является одним из важнейших процессов, протекающих в биосфере. Изучая круговорот углерода можно оценить современные условия функционирования экосистем, сделать прогноз на развитие различных экосистем в будущем с учетом возрастающего антропогенного влияния.

Одной из глобальных проблем исследования круговорота углерода является оценка баланса углерода в экосистеме, определение роли отдельных элементов углеродного баланса на состояние экосистемы и влияние этих элементов на роль экосистемы на биосферном уровне.

Динамика содержания углекислоты в атмосфере привлекает внимание различных специалистов, поскольку наблюдается увеличение концентрации CO_2 в атмосфере. В настоящее время она выросла на 25% по сравнению с его концентрацией в первой половине XIX в. [1].

Быстрое увеличение содержания углекислого газа в атмосфере связывают с антропогенной деятельностью: сжигание топлива, уничтожение лесов, разрушение лесных подстилок, дернины лугов, степей, осушение болот, окисление гумуса пахотных почв – все эти процессы дают значительное поступление CO_2 в атмосферу [2, 3]. Ежегодный выброс CO_2 в результате промышленной деятельности России составляет всего 0.65–0.7 Гт. Тогда как суммарная эмиссия CO_2 из почв России составляет 3.12 Гт углерода, что в 4.5 раза превышает индустриальную эмиссию углекислоты в России. Таким образом, в настоящее время основным источником углекислого газа в атмосферу на территории России служит естественная биота.

Однако известно, что из общего потока CO_2 в атмосферу из разных источников примерно половина остается в атмосфере, а вторая половина представляет «неизвестный сток», которым может быть либо океан, либо наземные экосистемы. В результате обмена между атмосферой, растительностью, почвами и океанами, рост концентрации в атмосфере составляет меньше половины его поступления [1]. По мнению Г.А. Заварзина [4], функции наземных экосистем в качестве источников или стоков углекислоты определяются балансом между двумя мощными биосферными процессами – фотосинтетической продукцией органического углерода (Сорг) и выделением CO_2 при дыхании и разложении органического вещества (рис.).

Учитывая вышесказанное, Россия занимает особое место в глобальной климатической системе благодаря своим уникальным поглотителям (стокам) и накопителям (резервуарам) парниковых газов. Для России подсчитано, что зеленые растения в процессе жизнедеятельности поглощают 4.4 Гт углерода в год, кроме того, беспорным стоком CO_2 для России служит торфообразование на болотах [4].

По содержанию устойчивого Сорг почвы на единицу площади экосистемы России располагаются в ряд: болота, степи, леса [4]. Таким образом, болота играют значительную роль в круговороте углерода. В последнее время большое внимание уделяется изучению болотных экосистем. Считается, что болота единственные в наземной биоте экосистемы, кото-



Схема потоков углерода в биогеоценозе [5]

рые обеспечивают постоянный сток в них углерода. Болота смягчают «парниковый эффект» климата за счет накопления углерода в виде органического вещества торфа. В торфяной залежи находятся основные запасы углерода, тогда как в лесных биогеоценозах (БГЦ) запас углерода сосредоточен в древесном ярусе. Несмотря на то, что биологическая продуктивность намного выше в лесных экосистемах по сравнению с болотными, леса имеют значительно более интенсивный круговорот веществ и, следовательно, минерализуется практически все, что ежегодно продуцируется лесами. В то время как в болотах связывание углерода происходит на длительный период. Специфичность биосферной функции болот обусловлена не замкнутостью круговорота веществ, т.е. система получает больше вещества и энергии, чем отдает [5]. По процессу торфообразования Западная Сибирь названа феноменом. В Западной Сибири площадь торфяных болот достигает 42 % от территории болот России (30 млн га), именно на этой территории в болотах сосредоточено 36 % от депонированного углерода России [6, 7, 8]. В настоящее время процесс торфообразования в Западной Сибири прогрессирует и захватывает около 92 км² ежегодно [9]. По данным А.А. Титляновой с соавт. [10] скорость приращения углерода в торфах Западной Сибири варьирует от 15 до 65 г/м², что приводит к ежегодной аккумуляции 5–20 млн т углерода в торфяных болотах. Таким образом, согласно литературным данным болота Западной Сибири в результате накопления торфа служат приемником для стока CO₂.

Баланс углерода в биосфере определяется двумя основными процессами: накопление углерода в процессе фотосинтеза и выделением CO₂ и метана при гетеротрофном дыхании и разложении органического вещества. Зеленые растения аккумулируют углерод, часть которого затрачивается на дыхание самих растений, а остальная часть идет на образование биомассы растений (фитомасса). Образование фитомассы называется продуцированием, а количество органического вещества созданного растениями на единице площади за единицу времени – чистой первичной продукцией (NPP – net primary productivity). При отмирании фитомассы образуется мортмасса, которая разлагается с образованием CO₂ и почвенного органического вещества (ПОВ), одновременно происходит и минерализация ПОВ [11].

Как отмечалось выше, биологическая продуктивность является частью биологического круговорота углерода, показывающая количество углерода, накопленное в виде органического вещества растений и не затраченное на дыхание и разложение. Величина продуктивности зависит от видового состава растительного сообщества, климатических и гидротермических условий.

Рассмотрим понятия отдельных терминов. Под продуктивностью понимается сухая масса живых надземных и подземных органов рас-

тительности всех ярусов [12]. Основными показателями биологической продуктивности являются общий запас растительного органического вещества (биомасса) и динамика прироста органического вещества растений. Общий запас органического вещества растений (биомасса) включает в себя запасы фитомассы и мортмассы. **Фитомасса** – общее количество живого органического вещества растений, накопленное к данному моменту времени в надземной и подземной сфере растительного сообщества. **Мортмасса** – количество органического вещества в отмерших органах растений, а также накопившееся в лесной подстилке, торфяном горизонте почв, и т.д. **Годичный прирост органического вещества** (чистая первичная продукция) – количество органического вещества растений нарастающее за год за вычетом части потраченной на дыхание и разложение. **Опад** – количество органического вещества в ежегодно отмирающих частях растений. **Истинный прирост** – количество органического вещества остающееся в сообществе в результате годичного прироста, за вычетом опада. Истинный прирост имеет положительное значение в экосистемах, не достигших динамического равновесия со средой [13].

Мировые запасы биомассы, по данным Д.О. Холла с соавторами [14], составляют 8 млрд т С, из которых 90 % запасено в лесных фитоценозах за счет накопления биомассы в виде древесины. Так, общее количество биомассы в бореальных лесах колеблется от 50 до 350 г/м², в заболоченных таежных лесах и моховых болотах количество органического вещества по сравнению с лесными фитоценозами резко падает: в заболоченных лесах и облесенных болотах до 40–80 г/м², в моховом гипновом безлесном болоте – до 15 г/м² [15]. Некоторые типы проточных лесных болот могут достигать высших показателей продуктивности естественно дренированных лесов, например высокобонитетные черноольховые леса на хорошо проточных болотах. Однако в целом, в гумидной зоне продуктивность заболоченных и болотных лесов и особенно более обводненных безлесных болот обычно заметно ниже продуктивности естественно дренированных местообитаний. Так, в таежной зоне продуктивность болот колеблется обычно в пределах 400–1000 г/м²/год, тогда как леса продуцируют здесь примерно в 1,5 раза больше [5, 6].

Известно, что биомасса биогеоценозов изменяется в зависимости от географического положения, наблюдается постепенное уменьшение ее запасов от южной подзоны к северной, что связано с ухудшением климатических и гидрологических условий. В южной тайге по сравнению со средней и северной тайгой прослеживается заметное повышение запасов фитомассы в верховых облесенных болотах. Наименьшей изменчивости подвержены болота бореального пояса [16, 17, 18]. Болота, включая лесные, в большинстве случаев отличаются мень-

шими запасами биомассы по сравнению с лесами [12], что связано с угнетением древесного яруса из-за переувлажнения почвы.

Степень увлажненности почвы играет значительную роль при формировании растительных сообществ. В зависимости от динамики водного режима на болотах формируются лесные, травяно-лесные, травяно-моховые или моховые сообщества. Продуктивность в лесных сообществах наибольшая, в моховых – наименьшая. Кроме того, величина продуктивности зависит от типа болот [12], так средняя фитомасса низинных болот по данным Н.И. Пьявченко [18] составляет в среднем 18200 г/м², переходных – 12600 г/м², верховых – 6100 г/м² (см. табл.). На облесенных олиготрофных болотах, по Н.И. Базилиевич [19], запасы фитомассы составляют 7000 г/м². В то же время низинные травяно-моховые болота отличаются более низкими запасами фитомассы (400–900 г/м²) по сравнению с облесенными болотами из-за отсутствия древесного яруса. Так, например, запасы фитомассы черноольшанников составляют в среднем более 12000 г/м² [20, 21].

Существенно различие болот и лесных болот во фракционном составе формируемого годовичного прироста фитомассы. В лесу главным продуцентом выступают деревья, на болотах, даже лесных, значительное место в создании органического вещества принадлежит растениям нижних ярусов – болотным мхам, травам, кустарникам [5]. Так, в лесных болотах на долю древесного яруса приходится около половины запасов биомассы. По данным Н.И. Базилиевич [13] на сосново-сфагновых болотах стволовые части сосны составляют 49 %, на долю зеленых частей растений приходится около 41 %, из них 34 % составляет моховой ярус. По другим данным [18], на лесных низинных болотах на долю древесного яруса приходится около 90 %, в то время как на олиготрофных древесный ярус составляет 74 %. Однако, на олиготрофных болотах по сравнению с эвтрофными в два раза возрастает роль травяно-кустарничкового яруса (14 % против 7 %) и в шесть раз увеличивается значение мохового яруса в структуре фитоценоза (12 и 2 %, соответственно).

Следует особо отметить, что для болот характерны высокие запасы мортмассы, превышающие запасы фитомассы в 5–8 раз за счет большого количества органического вещества в виде торфяных залежей. Так запасы мортмассы составляют на верховых болотах от 1400–2100 [22] до 200000–250000 г/м² [19]; на переходных – 102000–200000 г/м²; на низинных – 100000 г/м² [19]. Такие большие величины получены из-за принятия за мортмассу массу всей торфяной залежи. В то время как А.А. Титлянова с соавторами [23] в своей работе по биологической продуктивности томских болот Западной Сибири приводит данные по мортмассе олиготрофного болота до глубины 20 см от поверхности мхов – 1400–2100 г/м².

Биологическая продуктивность болот

Район, тип болота	Фитомасса, г/м ²	Фитомасса, г/м ²		Морт-масса, г/м ²	Прирост, г/м ²	Опад, г/м ²	Примечание	Источник
		фотосинтезирующая	нефотосинтезирующая					
Западная Сибирь, Томская область: Олиготрофное Мезотрофное Эвтрофное		182–545 149–271 160–442	130–806	1400–2100			Биомасса 2300–3100 г/м ²	Ефремов, Ефремова и др., 1994
Западная Сибирь, Бараба: Олиготрофное	3700	1500	2190		336.6	245	С учетом древесного яруса	Родин и др., 1968
Вологодская обл.: Олиготрофное Эвтрофное					310 590	250 460	По материалам Пьявченко	Родин, Базилиевич, 1965
Западная Сибирь, Васюганье: Эвтрофное	1500	1380	125		410	320	По материалам Базилиевич	
Западная Сибирь, Томская область: Олиготрофное Эвтрофное	1919–5816 685				1325 235		С учетом древесного яруса	Храмов, Валуцкий, 1976–1977

Биологическая продуктивность болот (продолжение)

Район, тип болота	Фито- масса, г/м ²	Фитомасса, г/м ²		Морт- масса, г/м ²	Прирост, г/м ²	Опад, г/м ²	Примечание	Источник
		фотосин- тезирующая	нефотосин- тезирующая					
Западная Сибирь, Томская область: Эвтрофное Мезотрофное Олиготрофное	17336				780		С учетом древесного яруса	Пьявченко, 1967
	16165				604			
	4576				381			
Карелия: Олиготрофное Мезотрофное	1173-1589	783-769	390-820				Продуктивное (NPP) 440-600 г/м ² /год 750-1000 г/м ² /год	Елина, 1977
	1670	557	1113					
Западная Сибирь: Олиготрофное Эвтрофное							NPP 210-420 г/м ² /год 720 г/м ² /год	Глебов, Толейко, 1975
Бассейн Финского залива: Олиготрофное Валдайская возвышенность: Олиготрофное Мезотрофное Эвтрофное	1522			250000			NPP 388 308 374 832	Базилевич, 1993
	6841			22660				
	8499			137655				
	12285			100000				

Биологическая продуктивность болот (окончание)

Район, тип болота	Фито-масса, г/м ²	Фитомасса, г/м ²		Морт- масса, г/м ²	Прирост, г/м ²	Опад, г/м ²	Примечание	Источник
		фотосин- тезирующая	нефотосин- тезирующая					
Бассейн верхней Волги: Олиготрофное Мезотрофное Эвтрофное	3636			250000			443 629	
	7756			200000				
	2595							
Западная Сибирь: Олиготрофное Мезотрофное Эвтрофное	4097			224000			359 330 334	Базилевич, 1993
	1228			102000				
	899							
Восточная Сибирь: Эвтрофное	2810							
Карелия: Заболоченный лес Лесные болота Олиготрофное Мезотрофное	4510-12000				700-790	540-620		Елина, Кузнецов, 1977
	2300-4700				750-1000	620-890		
	1170-1580				440-600	360-510		
	1000-1710				390-690	360-660		
Западная Сибирь: Эвтрофное Мезотрофное Олиготрофное	18200				790	572		Пьявченко, 1985
	12600				608	497		
	6100				464	337		

Одним из основных показателей биологической продуктивности является чистая первичная продукция фитоценоза. Для болот, независимо от их географического положения, характерно, что годовая продукция олиготрофных болот уступает мезотрофным и особенно эвтрофным (табл.). Например, по данным Е.А. Елиной и др. [24] в Карелии чистая первичная продукция грядово-мочажинных болот изменяется от 440 до 600 г/м²/год, а мезотрофных – от 750 до 1000 г/м²/год. В Западной Сибири [25] продуктивность олиготрофных болот составляет 210–420 г/м²/год, а эвтрофных – 720 г/м²/год. По данным Н.И. Базилевич [19], чистая первичная продукция верховых болот составляет 300–450 г/м²/год, переходных – 330–630 г/м²/год, низинных 330–2800 г/м²/год. Продукция низинных травяно-моховых болот составляет около 300 г/м²/год. Таким образом, согласно литературным данным величина чистой первичной продукции в первую очередь определяется типом питания болота, а уже в пределах одного типа болота зависит от состава растительности.

Особый интерес представляют для нас исследования биологической продуктивности на болотах Западной Сибири. Изучением биологической продуктивности на этой территории в разное время занимались Н.И. Базилевич [13], Н.И. Пьявченко [12, 18, 30], Ф.З. Глебов, Л.С. Толейко [25], А.А. Храмов, В.И. Валуцкий [28, 29], А.А. Титлянова, Н.П. Миронычева-Токарева [8, 23, 33], Т.Т. Ефремова [22] и другие исследователи. Согласно их исследованиям запасы фитомассы (деревья, кустарники, травы, мхи) изменяются на верховых болотах Васюганья от 1900 до 17000 г/м² в зависимости от типа растительности, максимальные запасы фитомассы характерны для фитоценозов высокого яруса, а минимальные для фитоценозов открытых проточных топей. Запасы фитомассы на низинных болотах колеблются в еще более широких пределах от 390 г/м² на травяно-моховых болотах, до 17336 г/м² на кедровой согре. Чистая первичная продукция в зависимости от типа болота может изменяться в широких пределах от 210 до 780 г/м²/год [12, 29]. Годовой прирост на олиготрофных болотах Западной Сибири изменяется в пределах от 132.5 до 464 г/м²/год, годовой опад – от 245 до 337 г/м²/год [12, 13, 18, 28]. На низинных болотах Западно-Сибирского региона годовой прирост фитомассы превышает прирост фитомассы олиготрофных болот почти в 2 раза (406–790 г/м²/год) [12, 13, 18]. Количество годового опада на низинных болотах также превышает количество опада на олиготрофных болотах, составляя 300–572 г/м²/год.

Таким образом, согласно литературным источникам [18–21, 23, 24, 28, 29 и др.] запасы биомассы олиготрофных болот уступают мезотрофным (в два раза) и особенно эвтрофным (в три раза) и зависят от типа растительности. Чистая первичная продуктивность болот мо-

жет изменяться в широких пределах от 210 до 3400 г/м²/год в зависимости от географической зоны, климатических условий, типа болота, состава растительности.

Литература

1. Болин Б. Какое количество CO₂ останется в атмосфере // Парниковый эффект, изменение климата и экосистемы. Л., 1989. С. 134–196.
2. Кобак К.И. Углекислота в биосфере. Л., 1977. 47 с.
3. Houghton R.G. et al. Changes in the carbon content of terrestrial biota and soils between 1860 and 1980: a net release of CO₂ to the atmosphere // Ecological Monographs, 1983. V. 53, № 3. P. 235–262.
4. Заварзин Г.А. Цикл углерода в природных экосистемах России // Природа. 1994. № 7. С. 15–18.
5. Вомперский С.Э. Роль болот в круговороте углерода // Биогеоценотические особенности болот и их рациональное использование. М., 1994. С. 5–7.
6. Вомперский С.Э. Биосферное значение болот в углеродном цикле // Природа. 1994. № 7. С. 44–50.
7. Ефремов С.П., Ефремова Т.Т., Мелентьева Н.В. Запасы углерода в экосистемах болот // Углерод в экосистемах лесов и болот России / Под ред. В.А. Алексеева, Р.А. Бердси. Красноярск, 1994. С. 128–139.
8. Титлянова А.А., Булавко Г.И., Кудряшова С.Я. и др. Запасы и потери органического углерода в почвах Сибири // Почвоведение. 1998. № 1. С. 51–59.
9. Нейштадт М.И. Возникновение и скорость развития процесса заболачивания // Научные предпосылки освоения болот Западной Сибири. М., 1977. С. 39–48.
10. Титлянова А.А., Наумов А.В., Кудряшова С.Я. и др. Запасы органического углерода в почвах Сибири, эмиссия парниковых газов и сток CO₂ в почвы Западной Сибири // Тез. докл. II съезда общества почвоведов (27–30 июня 1996, Санкт-Петербург). СПб., 1996. Кн.1, С. 221–222.
11. Титлянова А.А. Эмиссия двуокиси углерода и метана в атмосферу, как часть глобального круговорота углерода. // Обзорение прикладной и промышленной математики. 1994. Т. 1. Вып. 6. С. 974–987.
12. Пьявченко Н.И. Биологическая продуктивность и круговорот веществ в болотных лесах Западной Сибири // Лесоведение. 1967. № 3. С. 23–43.
13. Базилевич Н.И. Продуктивность и биологический круговорот в моховых болотах Южного Васюганья // Растительные ресурсы. 1967. Т. 3. Вып. 4. С. 567–589.

14. Холл Д.О., Кумбс Дж., Скерлок Дж.М.О. Продукция биомассы в цифрах // Фотосинтез и биопродуктивность: методы определения. М., 1989. 435 с.
15. Родин Л.Е., Базилевич Н.И. Динамика органического вещества и биологический круговорот зольных элементов и азота в основных типах растительности Земного шара. М.; Л., 1965. 253 с.
16. Базилевич Н.И. Биологическая продуктивность и круговорот веществ в болотных лесах Западной Сибири // Лесоведение. 1994. № 3. С. 23–43.
17. Базилевич Н.И. Биологическая продуктивность экосистем Сибири // Почвоведение. 1994. № 12. С. 51–56.
18. Пьявченко Н.И. Торфяные болота, их природное и хозяйственное значение. М., 1985. 152 с.
19. Базилевич Н.И. Биологическая продуктивность экосистем Северной Евразии. М., 1993. 295 с.
20. Шадрин Н.И. Продуктивность надземной биомассы болотных лесов Тавдинского Зауралья // Лесоведение. 1968. № 4. С. 39–47.
21. Тишков А.А. Продуктивность экосистем болот экспериментального бассейна «Таежный лог» // Структура и функционирование экосистем Южной Тайги. ИГАН СССР. М., 1986. С. 177–201.
22. Ефремова Т.Т., Ефремов С.П., Косых Н.П. и др. Биологическая продуктивность и почвы болот южного Васюганья // Сибирский экологический журнал. 1994. № 3. С. 253–267.
23. Тиглянова А.А., Косых Н.П., Миронычева-Токарева Н.П. Биологическая продуктивность болот Южного Васюганья / Чтения памяти Ю.А. Львова. Томск, 1995. С. 59–63.
24. Елина Г.А., Кузнецов О.Л. Биологическая продуктивность болот Южной Карелии // Стационарное изучение болот и заболоченных лесов в связи с лесомелиорацией. Петрозаводск, 1977. С. 105–123.
25. Глебов Ф.З., Толейко Л.С. О биологической продуктивности болотных лесов, лесообразовательных и болотообразовательных процессов // Бот. журн. 1975. Т. 60. № 9. С. 1336–1347.
26. Родин Л.Е., Ремезов Н.П., Базилевич Н.И. Методические указания к изучению динамики биологического круговорота в фитоценозах. Л., 1968. 143 с.
27. Базилевич Н.И. Первичная продуктивность и биологические циклы наземных экосистем. М., 1984. С. 95–100.
28. Храмов А.А., Валуцкий В.И. Лесные и болотные фитоценозы Восточного Васюганья. Новосибирск, 1977. 219 с.

29. Храмов А.А., Валуцкий В.И. Структура и первичная продуктивность болот Южного Васюганья // Чтения памяти Ю.А. Львова, 1995. С. 59–63.
30. Пьявченко Н.И. Некоторые итоги стационарного изучения взаимоотношений леса и болота в Западной Сибири / Взаимоотношение леса и болота. М., 1967. С. 7–42.
31. Пьявченко Н.И. Прирост фитомассы и скорость накопления торфа // Повышение продуктивности заболоченных лесов. Л., 1983. С. 42–46.
32. Пьявченко Н.И. О продуктивности болот Западной Сибири // Раст. ресурсы. 1967. Т. 3, 4. С. 523–532.
33. Миронычева-Токарева Н.П. Динамика запасов и первичная продуктивность болот южной тайги // Торфяники Западной Сибири и цикл углерода: прошлое и настоящее. Новосибирск, 2001. С. 106–107.
34. Наумов А.В. Дыхание растений и эмиссия углекислого газа в болотной экосистеме // Сиб. экол. журнал. 1997. № 4. С. 385–391.
35. Наумов А.В. Сезонная динамика и интенсивность выделения CO_2 в почвах Сибири // Почвоведение. 1994. № 12. С. 77–83.
36. Наумов А.В., Ефремова Т.Т., Ефремов С.П. К вопросу об эмиссии углекислого газа и метана из болотных почв Южного Васюганья // Сиб. эколог. журнал. 1994. № 3. С. 269–274.
37. Наумов А.В., Ефремова Т.Т., Ефремов С.П. Продуцирование CO_2 торфяной почвой слабоосушенного мезотрофного болота в связи с гидротермическими условиями сезона // Болота и заболоченные леса в свете задач устойчивого природопользования. М., 1999. С. 218–219.

МИКРОБИОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТОРФЯНЫХ БОЛОТ

В.А. Дырин

Томский государственный педагогический университет, г. Томск

В комплексном исследовании болотных биогеоценозов как компонентов биосферы одним из приоритетных направлений является изучение микроорганизмов, вследствие той роли, какую они играют в круговороте веществ любого биогеоценоза, в том числе и болотного: разрушая остатки растений, животных и других организмов, они создают почву и пополняют эту почву питательными элементами для растений. С прекращением деятельности микроорганизмов прекращается круговорот веществ в биогеоценозе и само существование биогеоценоза [28].

Роль микроорганизмов в торфообразовательном процессе. В торфе содержится небольшое количество минеральных веществ. Основная его масса – перегной, или гумус. Образуется гумус в результате деятельности микрофлоры [1]. В почве идут два противоположно направленных процесса: 1) минерализация свежих органических остатков с образованием гумуса; 2) разложение гумуса. Исходя из этого, С.Н. Виноградский [2] предположил, что в почве существуют две группы микроорганизмов: «зимогенная», участвующая в минерализации свежего органического вещества, и «автохтонная» – специфическая группа, разлагающая гумус. Последующими работами исследователей показано, что микроорганизмы принимают самое активное участие в трансформации гумуса почв [3, 4]. Е.З. Теплер [4], обобщая литературные данные, отмечает, что ряд исследователей считает агентами разрушения гумусовых веществ обычную («банальную») микрофлору, а другие – специфическую. Данным автором экспериментально подтверждена гипотеза С.Н. Виноградского о наличии в почве зимогенной и автохтонной микрофлоры. В частности, были выявлены специфические деструкторы гумуса – нокардии, или проактиномицеты – микроорганизмы, которые по своим морфологическим и культуральным свойствам занимают промежуточное положение между актиномицетами и микобактериями. Большая часть нокардий может ассимилировать углеводороды, избирательно – ароматические и некоторые азотсодержащие гетероциклические соединения. Численность нокардий в торфяно-болотных почвах исчисляется сотнями тысяч в 1 г абсолютно сухой почвы. Однако обсемененность ими гумуса и относительное содержание их от общей численности микроорганизмов в торфе – низкое [4].

Биогенность торфов. Сведения по микрофлоре торфов базируются в основном на исследованиях тех физиологических групп, которые участвуют в минерализации свежих органических остатков. Эти сведения сравнительно многочисленны, но часто противоречивы, что свидетельствует о недостаточной изученности микроорганизмов торфа.

Так, весьма противоречивы сведения о биогенности торфов. В ранних работах [5, 6] отмечается низкое содержание микробных клеток в торфе – от 50 тыс до 1 млн, в перерасчете на 1 г сухого торфа. И. Босуэлл и И. Шелдон [7] в низинных болотах Англии установили высокое содержание бактерий: в 1 г сырого торфа – 1–10 млрд клеток. По Ф.П. Вавуло [8] численность микроорганизмов в торфяно-болотных почвах Беларуси может приближаться к их содержанию в черноземах. По Томской области приводятся сведения [9], согласно которым общее количество бактерий (на МПА) в слое 0–10 см торфа в кедровнике кочкар-

но-болотно-разнотравном в конце июня достигает 48 млн/1 г абсолютно сухого торфа (а.с.т.). По результатам наших исследований [10], такое количество бактерий развивается лишь в рекультивируемом торфе – под многолетними травами с полным минеральным удобрением (N120P60K120).

Ниже (табл. 1) приводятся данные разных авторов по количественному содержанию бактерий в торфяно-болотных почвах. Из этих данных следует, что верховые торфяники, имеющие кислую реакцию среды, содержат значительно меньше бактерий, чем слабокислые торфа низинного типа, кроме того, окультуривание торфяников приводит к резкому возрастанию численности их микронаселения.

Вопрос о биогенности торфов весьма наглядно разрешается в работах тех авторов, которые предлагают учитывать ее в органическом компоненте торфа, где прежде всего и сосредоточена микрофлора [11, 12]. В этом случае биогенность торфов существенно уступает биогенности даже подзолистых почв. Например, согласно Ф.П. Вавуло [12] в 1 г органического вещества торфяно-болотной почвы, развивающейся на флювиогляциальных песках, численность аммонификаторов, бактерий на КАА, актиномицетов и аэробных целлюлозоразрушителей соответственно в 3, 17, 36 и 62 раза ниже численности таковых в 1 г органического вещества дерново-подзолистой почвы (также развивающейся на флювиогляциальных песках; табл. 2)

Качественный состав микрофлоры торфов. В отношении качественного состава микроорганизмов торфов мнения исследователей также не всегда совпадают. Так, согласно исследованиям одних авторов, в низинных торфяниках численность микроорганизмов, использующих органические формы азота (на МПА), всегда ниже численности микроорганизмов, использующих минеральные формы азота – на КАА [13]. По данным других [14], такое соотношение указанной микрофлоры наблюдается только в осушенных торфяниках. Считают также [9], что в верховых торфяниках развивается больше микроорганизмов на МПА, чем на КАА, а в низинных – наоборот. В переходных торфах это соотношение равно примерно 1. По некоторым данным соотношение указанных микроорганизмов в низинных торфах может определяться конкурирующим воздействием растений на микрофлору, использующую минеральные источники азота [10].

Не всегда обнаруживаются в торфах представители тех или иных физиологических групп, например, нитрификаторов, клубеньковых бактерий, азотобактера и др. [15]. В целом же большинство авторов единодушны в том, что в торфах присутствуют почти все известные группы микроорганизмов, способные в своей совокупности осуше-

Общее количество бактерий в торфяных почвах, тыс./г сухого торфа [14]

Район исследования	Глубина, см	Торфяники верхние целинные		Торфяники низинные		Торфяники верхние	Торфяники низинные	Литературные источники
		Торфяники верхние целинные	Торфяники низинные	окультуренные	учет методом посева на твердой среде (МПА)			
Германия	20-30	200-300	-	-	-	-	-	Gaffky, 1883
- « -	30	-	50-1500	-	-	-	-	Veber, 1890
- « -	15-25	-	200-500	700-1200	-	-	-	Stalstrom, 1898
- « -	20-25	-	200-2710	-	-	-	-	Raman, 1899
Италия	Верхний слой	-	5000-6000	-	-	-	-	Itano, 1925
США	20-30	до 250	6000-9000	7000-11000	300-700	свыше 7000000	715000-1300000	Waksman, 1932
БССР	Верхний слой	-	-	3000-17000	-	-	-	Беликова, 1934
- « -	- « -	-	4000-6500	-	-	-	-	Максимова, 1934
БССР массив								Зименко, 1957
Птичь	0-20	973-108931	80-5880	7170-11613	-	-	-	Козлов, 1955
Ленинградская область	пахотный слой	862	2450	3896-4796	-	480000	-	Александрян, 1960
Арм. ССР	до 50	-	-	9840-15310	-	-	-	

Микрофлора дерново-подзолистой и торфяно-болотной почв, развивающихся на флювиогляциальных песках, тыс. на 1 г почвы и на 1 г гумуса [12].

Почвы	Глубина, см	Аммоний-фиксаторы на МПА	Активные центры	Плесневые грибы	Нитрификаторы	Денитрификаторы	Целлюлозоразрушающие	МПА+ Сусло-агар	Бактерии на КАА
Дерново-подзолистые	2-15	364 44390	928 111951	23.0 2805	0.27 33	16.0 1951	181 22074	62 7433	2425 295732
	35-45	52 40000	51 39230	0.6 461	0.1 77	1.0 769	20.3 15615	15 11538	108 83077
Торфяно-болотные	0-20	11311 13001	2582 3083	57.5 66	16.0 18	862 991	310 356	3952 4312	13498 16657
	20-45	2589 2932	744 843	7.5 9.0	2.0 2.3	795 900	68 77	420 476	3660 4145

Примечание. Цифры в числителе указывают содержание микроорганизмов в 1 г сухой почвы, в знаменателе — в 1 г гумуса.

ствлять превращения органических веществ [12, 15, 16]. По данным указанных авторов и других исследователей, значительную часть микробного населения торфа составляют аммонифицирующие бактерии. Они представлены как спороносными, так и неспороносными формами. Однако подавляющая часть бактерий – до 60–80 % – неспорообразующие, что свидетельствует о заторможенности минерализационных процессов в торфе [11]. Среди них наиболее часто встречаются представители рода *Pseudomonas*: *Ps. fluorescens*, *Ps. caudatus*, *Ps. desmoliticum*, *Ps. septica*, *Ps. sinuosa*, *Ps. arvilla*.

Из спорообразующих бактерий доминируют *Bacillus cereus* и *Bac. megatherium*. Обнаруживаются также *Bac. idosus*, *Bac. circulans*, *Bac. mesentericus*. *Bac. aqglomeratus* присутствует только в верховых и переходных торфяниках – в незначительных количествах. В низинных широко распространен *Bac. mucoides* (до 20 %), а в верховых и переходных его содержание невелико (до 5 %). Отмеченная закономерность в расселении данного вида связана, очевидно, с тем, что в низинных торфяниках более благоприятные условия для жизнедеятельности микроорганизмов, и минерализация органического вещества здесь происходит интенсивнее [17].

В верховых торфяниках в незначительных количествах обнаруживаются микобактерии и бактерии рода *Achromobacter*, а также бактерии, образующие флюоресцирующие колонии желто-зеленого цвета. В торфе содержится большое количество микрококков, а также сарцин [18].

Отмеченное выше свидетельствует о том, что микрофлора, использующая органические формы азота, в торфяно-болотных почвах представлена довольно широко. Гораздо в меньшем количестве или отсутствуют совсем в торфах (особенно в целинных) нитрифицирующие бактерии; это связано с избыточным увлажнением, повышенной кислотностью, недостаточной аэрацией торфяной залежи. Вследствие указанной причины нитрифицирующие процессы в целинном торфе сильно подавлены, и в нем накапливается значительное количество аммиака [19]. Распространены нитрифицирующие бактерии преимущественно в верхних горизонтах торфяников.

Для торфяников всех типов характерен анаэробный фиксатор азота *Clostridium pasteurianum* [20], широко распространены денитрифицирующие бактерии (их содержание постоянно обнаруживается в титре 10–4), обнаруживаются уробактерии (в титре 10–4 и 10–5), серобактерии, железобактерии. В значительном количестве (5–12 млн/1 г сухого торфа) присутствуют масляно-кислые бактерии [21], а также десульфлирующие бактерии в количестве до 10 тыс. клеток на 1 г тор-

фа [14]. Обычными для торфяно-болотных почв являются целлюлозоразрушающие микроорганизмы; в верховых торфяниках они встречаются редко, больше всего их содержится в торфах низинного типа, затем переходного [22].

Преобладающим является аэробный тип разложения клетчатки [22]. Анаэробные микроорганизмы играют второстепенную роль в этом процессе. Аэробные целлюлозоразрушители представлены бактериями, грибами, актиномицетами; по их разнообразию на первом месте стоят низинные торфяники. В целинных торфах преобладает грибной тип разложения клетчатки с участием родов *Penicillium*, *Dematium*, *Chaetomium*, *Trichoderma*, *Mucor*. Часто обнаруживаются и актиномицеты с серой, розовой и красной окраской колоний. Бактериальное разложение целлюлозы осуществляется представителями *Mycobacteriales*: *Sporocytophaga*, *Sorangium*, *Polyangium*. Минерализация целлюлозы в целинных торфах происходит медленно в связи с избыточным увлажнением, низкими значениями pH, температур, а также из-за недостаточного содержания в них доступных для микроорганизмов форм азота, фосфора, калия, кальция, микроэлементов [22].

Все исследователи единодушны в своем мнении, что в торфяно-болотных почвах обитает сравнительно много грибов. Например, по данным Ф.П. Вавуло [12], содержание плесневых грибов в 1 г а.с.п. составляет 25–85 тысяч. Большая численность грибов в указанных почвах объясняется их потребностью в свежих органических остатках, которых в торфе много, а также их кислотоустойчивостью. Однако, несмотря на последнее, они все же лучше развиваются при значениях pH 6,9–7,5, т.е. в низинных почвах, в верховых же торфах их содержится значительно меньше [13, 23]. Преобладают в торфяных почвах грибы родов *Penicillium*, *Trichoderma* и, кроме того, *Cephalosporium*, *Absidium* и *Phycomyces*, обнаруживаются также *Synsporium*, *Mortierella*. Актиномицетов, в отличие от грибов, содержится мало в естественных торфах. Особенно бедны ими верховые торфяники, где их численность в 1 г сухого торфа (с.т.) не превышает нескольких десятков тысяч [12, 23]. S.A. Waksman and K.R. Stevens [29] отмечали полное отсутствие актиномицетов в верховых торфах. В низинных торфах их содержание выше и достигает 1 млн/1 г а.с.п. [12, 23]. В торфе актиномицеты представлены следующими видами: *Actinomyces albus vulgaris*, *Act. globisporus griseus*, *Act. globisporus vulgaris*. Т.Г. Зименко [23] отмечает, что при значительном понижении уровней грунтовых вод (до 119–196 см) в торфяной почве актив-

но развиваются *Act. chromogenes* Krassilnikov, *Act. roseus*, *Act. rektus*, *Act. globosus* Krassilnikov и некоторые другие пигментные формы. Вероятно, эти виды участвуют в глубоком распаде органического вещества, что происходит при низком стоянии грунтовых вод.

Активность различных групп микроорганизмов в торфяно-болотных почвах не остается постоянной в течение всего года, т.к. на них воздействуют самые разнообразные факторы: температура, влажность, поступление в почву свежих органических остатков и др. Определяющими факторами в развитии микрофлоры одни исследователи считают температуру и влажность [14], другие – поступление свежих органических остатков [9, 24].

Микробиологический профиль торфяно-болотных почв. Наибольшая численность микроорганизмов наблюдается в верхних горизонтах, по мере продвижения вглубь залежи биогенность торфов снижается. Это связано с лучшей аэрацией, более благоприятным температурным режимом, наличием свежих органических остатков в верхних слоях торфяной почвы. Очевидно, что и минерализация указанных веществ происходит преимущественно в верхних горизонтах [12, 23]. Однако, часто микроорганизмы распределяются по слоям скачкообразно, что может быть связано с неравномерным разложением торфа [14]. Например, верхний слой (0–7 см) верхового и переходного торфяников может быть менее обсеменен микробными клетками, чем нижележащий, ввиду того, он обычно состоит из мало или совсем неразложившегося сфагнома. На большей глубине располагаются слои с сильно разложившимся торфом, и здесь число микроорганизмов возрастает. S.A. Waksman, K.R. Stevens [29] отмечают, что в низинных торфяниках численность аэробных микроорганизмов с глубиной уменьшается, а анаэробная возрастает. В верховых торфяниках при небольшом углублении (до 45 см) численность аэробных микроорганизмов возрастает, по мере дальнейшего углубления, наоборот, начинает увеличиваться содержание анаэробных микроорганизмов. Из этого делается вывод, что влияние глубины на численность микрофлоры заключается не только в аэрации, но также в физических и химических свойствах различных слоев торфяной залежи.

Е.Н. Мишустин и В.Т. Емцев [21], обобщая литературные данные по микрофлоре разных типов почв, указывают на уменьшение с глубиной численности азотфиксирующих анаэробов, что соответствует уменьшению содержания органики с глубиной, а также распределением корневой системы растений, служащей источником питания для микроорганизмов.

Неравномерное распределение микроорганизмов по профилю торфяников может зависеть и от ботанического состава торфа: слои осоково-тростникового торфа обнаруживают более высокое содержание бактерий, чем слои гипново-тростникового [14]. Ф.П. Вавуло [12] отмеченное явление связывает также с боковыми токами влаги, приносящими минеральные соединения и кислород, стимулирующие развитие аэробных микроорганизмов.

По профилю торфяной залежи меняется качественный состав микрофлоры. Так, содержание флюоресцирующих бактерий – наибольшее в верхних слоях – резко снижается на глубине 20–50 см, а глубже 50 см (до 70 см) численность их бывает не более 15–20 % от общего числа бактерий [14, 25, 26].

Т.Г. Зименко [14] приводит качественную характеристику преобладающих групп спорообразующих бактерий по вертикальному профилю торфяной залежи (табл. 3).

Таблица 3

Распределение спорообразующих бактерий по профилю торфяно-болотных почв, тыс./г абсолютно сухой почвы

Почва	Глубина, см	<i>Bacillus agglomeratus</i>	<i>Bacillus cereus</i>	<i>Bacillus megatherium</i>	<i>Bacillus mycoides</i>
Верховой тип	0–7	3.3	34.0	20.0	4.0
	7–20	7.5	102.0	12.0	0.0
	20–50	7.9	107.0	2.0	0.0
	50–70	0.4	12.0	2.0	0.0
Переходный тип	0–7	2.7	32.0	18.0	3.0
	7–20	9.3	116.0	34.0	0.0
	20–50	2.0	33.0	7.0	0.0
	50–70	1.0	35.0	7.0	0.0
Низинный тип	2–20	2.4	301.0	296.0	160.0
	20–50	2.0	111.0	168.0	43.0
	50–70	0.0	23.0	140.0	2.0

Судя по таблице, численность всех групп спороносных бактерий ниже 50 см резко снижается. Глубже этого слоя процесс нитрификации не происходит. Заметно снижается с глубиной содержание актиномицетов, что находится в прямом соответствии с уменьшением степени аэрации торфяной почвы. Например, в верхних горизонтах их численность может составлять 1–2.5 млн/г сухого торфа, а глубже 100 см – 1–20 тыс. [12, 26]. Однако часто содержание их в глубоких слоях по отношению к общему числу бактерий оказывается выше, чем в верхнем слое [14].

Весьма резко глубина горизонта отражается на численности грибов [23, 27]. Верхние слои торфа наиболее богаты представлены родами *Dematium*, *Cladosporium*, *Macrosporium*. В глубже лежащих слоях возрастает удельный вес *Penicillium*, причем наиболее интенсивно развиваются виды *Monoverticillata-stricta* и *Biverticillata-symmetrica*. Для глубоких слоев торфа весьма обычны *Penicillium herquei* Bainier a. Sartory, *Penicillium decumbens* Thom, *Penicillium freguetans* Westling.

Выводы

1. Микроорганизмы играют непосредственную роль в торфообразовательном процессе. Утверждение о присутствии в почвах «зимогенной» и «автохтонной» группировок микрофлоры относится к торфяным почвам; в пользу такого утверждения служат, например, данные о присутствии в торфах нокардий или проактиномицетов.

2. Литературные данные по микрофлоре торфяных болот базируются в основном на изучении «зимогенной» микрофлоры – микрофлоры, участвующей в деструкции свежих органических остатков. Эти данные свидетельствуют о присутствии в торфах разнообразных физиологических групп микроорганизмов, осуществляющих в своей совокупности минерализационные процессы в торфе.

3. Биогенность целинных торфяных болот в пересчете на органическое вещество (гумус), где, прежде всего, и сосредоточена микрофлора во много раз ниже биогенности даже подзолистых почв. По численности микроорганизмов и их разнообразию на первом месте находятся низинные болота, затем переходные и верховые.

4. В качественном отношении микробы торфов представлены главным образом бактериями – неспорозными палочками родов *Pseudomonas* и *Achromobacter*. Из грибов преобладают виды *Penicillium*, *Mucor*, *Trichoderma*, *Mortierella*, *Serphallosporium* и некоторые другие. Из актиномицетов наиболее часто встречаются *Actinomyces albus vulgaris*, *Act. globisporus griseus*, *Act. globisporus vulgaris*. Численность грибов и особенно актиномицетов – наибольшая в низинных торфяниках.

5. Распределение микроорганизмов по профилю торфяных залежей зависит от степени аэрации, степени разложения торфа, его ботанического состава, наличия боковых токов влаги и др. Поэтому на разных глубинах торфяника численность микрофлоры может быть различной. В целом же она наибольшая в верхних горизонтах и наименьшая в нижних.

Литература

1. Ваксман С.А. Гумус: происхождение, химический состав и значение его в природе. М., 1937. 569 с.
2. Виноградский С.Н. Микробиология почвы: Ч. 3 (нитрификация). М., 1952. 792 с.
3. Мишустин Е.Н., Никитин Д.Н., Очимова М.И. Микроорганизмы, разлагающие гумусовую кислоту почвы // Докл. совещания почвоведов к VII Международн. конгрессу в США. М., 1960. С. 161–167.
4. Теппер Е.З. Микроорганизмы рода *Nocardia* и разложение гумуса. М., 1976. 198 с.
5. Itano A. Biological investigation of peat // *Bacteriol.*, 10, 1. 1925. S. 28–32.
6. Максимова О.П. Микробиологическое исследование торфа. Тип. института торфа, М., 1934. № 13. С. 16–21.
7. Boswell I.G., Sheldon I. The microbiology of acidi soils. 2, Ringing Low bog near Scheffild. *New Phytologist*, 50, 2. 1951. S. 18–24.
8. Вавуло Ф.П. Микрофлора торфяно-болотных почв и ее изменение под воздействием мелиорации и сельскохозяйственного использования. Минск, 1955. 23 с.
9. Глебов Ф.З., Александрова С.Р. Фитоценотическая характеристика, гидротермический режим и почвенная микрофлора некоторых типов болотных лесов Томского стационара в связи с микрорельефом // Комплексная оценка болот и заболоченных лесов в связи с их мелиорацией. Новосибирск, 1973. С. 44–94.
10. Дырин В.А. Культивирование трав на выработанном торфянике и его биологическая активность // Деп. во ВНИИТЭИСХ под № 79 ВС–86. Деп. М., 1986.
11. Мишустин Е.Н., Перцовская М.Н. Микроорганизмы и самоочищение почвы. М., 1954. 651 с.
12. Вавуло Ф.П. Микрофлора основных типов почв БССР и их плодородие. Минск, 1972. 232 с.
13. Загуральская Л.М., Сманцер П.Г. Микробиологическая характеристика торфяно-болотных почв Южной Карелии // Основные принципы изучения болотных биоценозов. Л., 1972. С. 105–117.
14. Зименко Т.Г. Микрофлора торфяно-болотных почв // Микрофлора почв северной и средней части СССР. М., 1966. С. 136–143.
15. Блинков Г.Н. Торфяники и их использование в сельском хозяйстве. Новосибирск. 1975. 64 с.
16. Славнина Т.П., Инишева Л.И. Биологическая активность почв Томской области. Томск, 1987. 216 с.

17. Мишустин Е.Н. Микроорганизмы и продуктивность земледелия. М., 1972. 342 с.

18. Александрия И.В. Микробиологическая характеристика некоторых торфов Армянской ССР // Изв. АН Арм. ССР (биол. науки), 13, 4. С. 17–26.

19. Скрынникова И.Н., Ведерникова Т.П., Стенина Т.А. и др. Процессы в пахотных перегнойно-торфяных почвах. Л., 1974. 168 с.

20. Ponkov V., Dimitrov G. // Proc. gthint symp. Soil Biol and Conserv Biosphere, Sopron, aug. 27–30, 1925. Vol. 1. Budapest, 1987. S. 69–75.

21. Мишустин Е.Н., Емцев В.Т. Почвенные азотфиксирующие бактерии рода *Clostridium*. М., 1974. 251 с.

22. Наплекова Н.Н. Аэробное разложение целлюлозы микроорганизмами в почвах Западной Сибири. Новосибирск, 1974. 251 с.

23. Зименко Т.Г. Микробиологические процессы в мелиорированных торфяниках Белоруссии и их направленное регулирование. Минск, 1977. 206 с.

24. Головкин Э.А. Сезонная динамика численности микроорганизмов в торфяно-болотных почвах Кольского полуострова // Природа и сельское хозяйство Севера. Мурманск, 1976. С. 93–97.

25. Жданникова Е.Н. Микробиологическая характеристика торфяно-болотных почв Томской области // Заболоченные леса и болота Сибири. М., 1963. С. 164.

26. Загуральская Л.М. Микрофлора низинных болот Томской области // Кристаллоносные организмы и перспективы их использования. М., 1967. С. 93.

27. Крапивина Л.А. Микрофлора торфяно-болотных почв южно-таежной подзоны Западной Сибири // Красноярск, 1970. 18 с.

28. Общая биология: Учебник для 10–11 классов средней школы / Под ред. Д.К. Беляева и А.О. Рувинского. М., 1993. 271 с.

29. Waksman S.A., Stevens K.R. Contribution to the chemical composition of peat // The role of microorganisms in peat formation and decomposition. Soil Sei., 28, 4., 1929. S. 19–24.

РОЛЬ БОЛОТ В БИОСФЕРЕ

Л.И. Инишева

Томский государственный педагогический университет,
Сибирский институт торфа СО РАСХН, г. Томск, ltor@petrol.tomsk.ru

Многие века своего существования болота казались людям чем-то таинственным. Реальные опасности, подстерегающие путника в подобных местах, породили много сказаний и легенд. Болота считались обиталищем водяниц, дев-болотниц, кикимор. Что же это были за причины, заставляющие верить в колдовские чары болот? Наличие лужиц воды среди болот – окна, а под ними бездонная топь, «чаруса» – полянка светло-зеленой травы с обилием ярких цветов, а под ней пучина. Или огоньки на болоте, перебегающие с места на место. Ги де Мопассан в своем рассказе «Любовь» сказал о болотах: «Болота – это особый мир на Земле не похожий ни на какой другой; он существует по собственным законам, у него свои голоса и шумы, и, главное, своя загадка... Ничто на свете так не смущает душу... как болота» [1]. Так что же такое торфяные болота и какова их роль в биосфере?

Первые болота на нашей планете появились на стыке 2-х геологических периодов – силура и девона (350 млн лет назад). Именно в этот период вышли из водной среды и предки современных растений и болота сыграли роль переходного моста, по которому растительность перешла из водной среды в сухопутную. За сотни млн лет слои торфа превратились в горизонты каменного угля. Современные болота существенно отличаются от ископаемых и насчитывают максимальный возраст – 12 тыс. лет.

Но прежде всего немного поговорим о становлении научных представлений о болоте. Возникновение понятийного аппарата в отношении болот связано с началом XX века. Болото рассматривалось как целостный природный объект, находящийся в движении и развитии. Это нашло отражение в работах В.Н. Сукачева [2, 3], Р.И. Аболина [4, 5], Н.И. Пьявченко [6, 7], К.Е. Иванова [8–10] и других ученых. Большинство авторов было принято, что болото – природный объект, который должен обладать рядом признаков, таких как избыточное увлажнение, наличие торфа и болотной растительности. Таким образом, болото – это избыточно увлажненный участок земной поверхности, для которого характерно постоянное (реже периодическое) переувлажнение и дефицит кислорода, произрастание особой влаголюбивой растительности и накопление неразложившегося органического вещества, превращающегося в дальнейшем в торф, глубиной не менее 30 см. При слое торфа менее 30 см участок относится к заболоченным землям. Далее речь пойдет только о торфяных болотах.

Площадь торфяных болот в мире – 176 млн га, запасы торфа – 500 млрд т [11].

Торфяные болота распространены почти на всей земной поверхности в пределах всех климатических зон. Не отмечены они только в отдельных районах. Например, в странах с засушливым климатом и в арктических областях, но имеются данные о погребенных торфяных залежах на Шпицбергене, в Гренландии и антарктических островах. Наибольшее число торфяных болот располагается в северном полушарии, где господствуют гидроморфные условия.

Россия располагает крупнейшими в мире запасами торфа и занимает ведущее место по изученности и использованию торфяных ресурсов. В России имеется 65586 торфяных месторождений (т.м.), площадью – 80451 тыс. га (в «0» границе), что составляет около 2/5 площади всех торфяных болот мира и запасами торфа – 186027 млн т. [12].

Западно-Сибирская равнина представляет собой крупнейший торфяной регион мира. Здесь разведано 5004 т.м. с общими ресурсами 113712.8 млн. т, что составляет 70 % от всех торфяных ресурсов РФ [13]. Более 90 % общих торфяных ресурсов Западной Сибири являются прогнозными. Свыше 50 % располагаются в Тюменской области и около 30 % – в Томской.

Совокупность природных условий определили особенности процесса торфонакопления в Сибири:

- широкий масштаб заболачивания территории, при котором торфяным плащом покрыты не только пониженные элементы рельефа, но и водораздельные пространства;
- разнообразие стратиграфического профиля заторфованных территорий, определяющее изменение свойств отдельных видов торфа;
- особый флористический состав и строение болотных сообществ;
- преобладание крупных болотных систем, образовавшихся в результате слияния большого числа болотных массивов.

Так, например, Васюганское болото с площадью 5269437 га и с современным возрастом нижних слоев 9000 лет, изначально занимало площадь 4500 тыс. га и представляло собой 19 отдельных участков. Это были мелкозалежные участки с мощностью торфа менее 0.7 м [14]. И только к современному периоду все 19 прежде самостоятельных болот превратились в один огромный болотный массив и процесс далеко не закончен.

Высокая заболоченность территории определяет особую ответственность за сохранение экологического равновесия огромной болотной системы Сибирского региона.

Первое упоминание о болотах в России, в связи с происходящими на них пожарами, датируется 1092 г. [15]. Сведения об использовании торфа связаны с именем Петра I, по поручению которого голландс-

кий мастер фон Армус начал добывать торф и сжигать. Первые химические опыты с торфом провел М.В. Ломоносов в 1784 году и определил, что перегонкою из торфа можно получить те же вещества, что и из растений [16].

Торфяно-болотные экосистемы (ТБЭС) – элемент ландшафта и производственный ресурс. Это – торфяные месторождения, земли и сельскохозяйственные угодья, объекты лесного хозяйства, гидрологические объекты, места обитания видов и сообществ и многое другое (рис.).

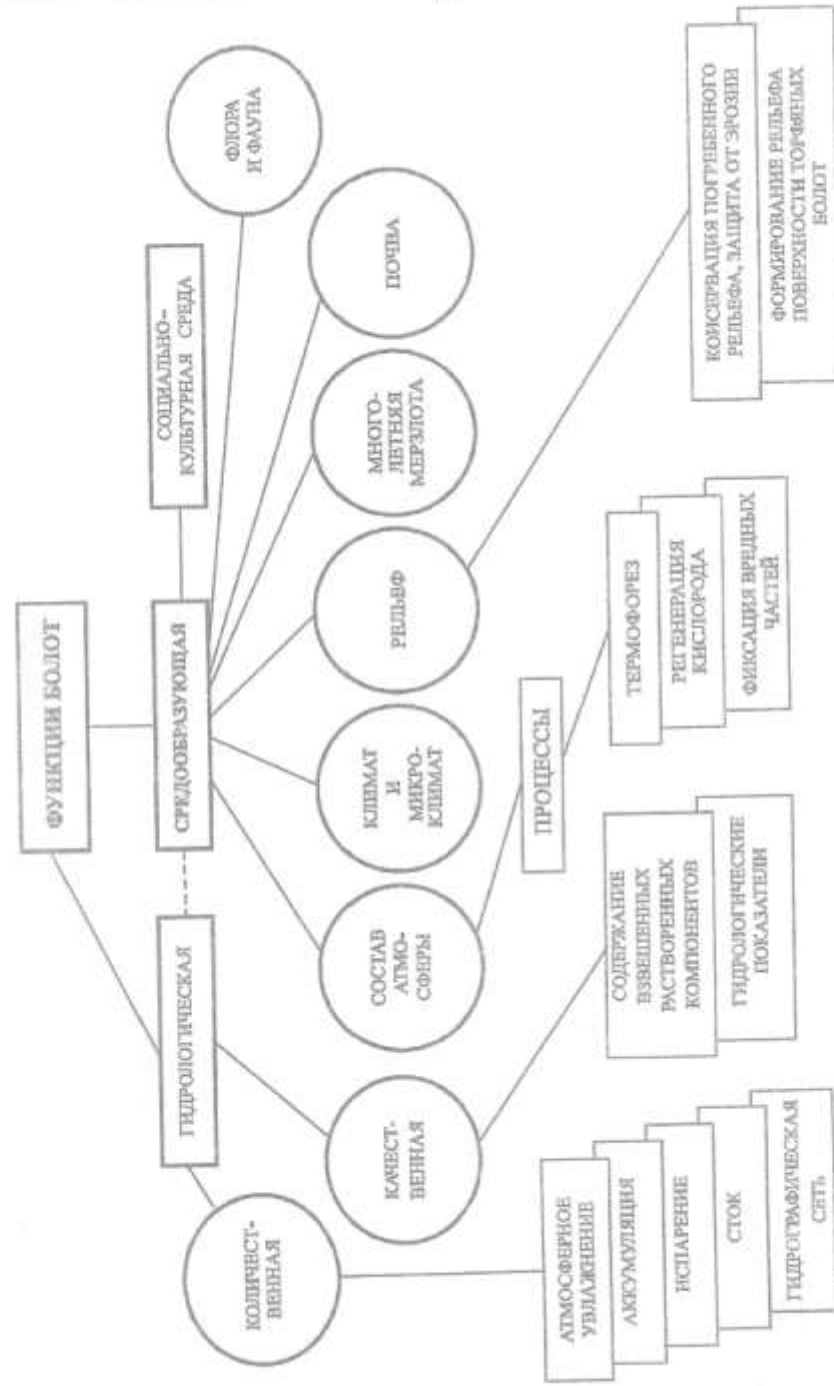
Рассмотрим торф и его свойства как полезное ископаемое с позиций его использования в экономике страны. Торф как молодое горючее ископаемое занимает особое место по сложности своего состава и наличию широкого класса органических соединений (битумов, углеводородов, гуминовых веществ)

Во всех видах торфа основу агрегатного состава представляют структуры перешлетения остатков растений – торфообразователей, надмолекулярных комплексов продуктов распада (в основном гуминовых веществ) и индивидуальных веществ органических и минеральных составляющих, находящихся в равновесии с водным раствором низко- и высокомолекулярных веществ. Химическая оценка торфа производится по данным анализов его группового состава. По составу органического вещества торф относится к классу углеводов, к которому принадлежат также уголь, нефть. Из торфа возможно получение более 40 видов продукции.

В некоторых странах торф находит применение в промышленно-энергетических комплексах (РФ, Швеция, Финляндия, Канада и др.). В основном торф во всех странах мира добывается для садовых и огородных нужд. В некоторых странах торф используется как сырье для химической и энергохимической промышленности и получают кокс, газ, активный уголь, битумы, воска, гуминовые кислоты и др. (Великобритания, Венгрия, Германия, Дания, Ирландия, США и др.).

Большие площади торфяных болот, покрытых лесами, дренируются для улучшения роста и бонитета деревьев, а открытые площади подсушенных болот отводятся под лесонасаждения. Наибольшее количество осушенных и засаженных лесом площадей отмечено в Финляндии (4.4 млн га). В США выращивание рождественских елок в некоторых штатах является одной из форм лесоводства на торфяных болотах.

Широко используются т.м. в сельском хозяйстве. По масштабам освоения торфяных почв под лесное и сельское хозяйство РФ еще совсем недавно занимала одно из первых мест в мире. Органогенная природа торфяных почв определяет особенности водно-воздушного и теплового режимов, окислительно-восстановительных процессов,



Функции болот в биосфере

биологической активности. На освоенных торфяных почвах получают высокие урожаи сельскохозяйственных культур. Однако из всех почв, вовлеченных человеком в сельскохозяйственное производство, торфяные почвы в наибольшей степени подвержены антропогенному воздействию, что во многом определяется их органогенным происхождением. При неправильном освоении эти почвы быстро деградируют и теряют свое плодородие. По этому вопросу довольно много литературы и хотелось бы порекомендовать некоторые [17–26].

Болота в сочетании с другими природными комплексами определяют экологическое равновесие в биосфере. Рассмотрим некоторые функции болот.

Влияние на климат. Так величина радиационного баланса болот в среднем на 10 % больше, чем суходольных территорий и именно этот показатель в средней и северной тайге препятствует смещению распространения зоны вечной мерзлоты южнее Сибирских Увалов. Известно, например, что за летние месяцы с болот Западной Сибири выносится в среднем более 300 км³ испарившейся влаги на территорию восточной Сибири и Казахстана (на этой территории своих осадков ежегодно выпадает 200 мм). Наличие болот снижает отрицательное воздействие засухи в отдельные годы и таким образом способствует увеличению продуктивности растительности [27].

Известен такой факт – будущему человечеству угрожает многое, и не в последнюю очередь – изменение климата. По имеющимся данным удвоение количества углекислоты в атмосфере может вызвать повышение планетарной температуры на 3–5 °С. А это влечет за собой многие изменения в природе и далеко не всегда благоприятные для человека: таяние ледников, наводнения, смещение границы мерзлоты и другие изменения. Быстрое увеличение содержания оксидов углерода в атмосфере связывают с антропогенной деятельностью: сжигание топлива, уничтожение лесов и болот, окисление гумуса пахотных почв и др. В создании равновесия в углеродном балансе огромную роль играют экосистемы планеты, которые в результате фотосинтеза при образовании биомассы депонируют оксиды углерода атмосферы. Таким образом, болота очищают атмосферу от диоксидов углерода. Киотское соглашение 1977 года предусматривает создание уникальных механизмов торговли квотами на выброс CO₂ и реализацию совместных программ по очистке атмосферы от загрязнения. Впервые в 1827 г. французский ученый Фурье высказал предположение, что атмосфера Земли подогревает поверхность, пропуская к ней солнечное излучение с высокой энергией, но не давая выйти в космос части длинноволновой тепловой радиации, отражающейся от земной

поверхности. Этот эффект вызывается несколькими парниковыми газами, в особенности, CO_2 и водяным паром. По данным Г.А. Заварзина [28] доля болот в земном углеродном балансе составляет около 15 % мировых запасов.

Баланс углерода в биосфере определяется тремя основными процессами: накоплением углерода в процессе фотосинтеза, выделением CO_2 и CH_4 при гетеротрофном дыхании, разложением органического вещества и выносом «С» поверхностным и внутрипочвенным стоком в реки и подземные воды в виде подвижных минеральных соединений или комплексных соединений ГК и ФК с тяжелыми металлами.

Специфичность биосферной функции болот заключается в депонировании углерода в торфяной залежи. В условиях Сибири ежегодная аккумуляция углерода составляет на разных БГЦ от 5 до 20 млн т., то есть процесс заболачивания в Сибири превалирует. На планете при потеплении климата произойдет усиление гидроморфности территории. Согласно прогнозу ученых к 2050 г. заболачивание охватит весь земной шар.

Гидрологическая роль. До 1000 км³ воды содержится в болотах Западной Сибири. Часть болотных вод участвует в водообмене. Поверхностный сток с болот осуществляется по гидрографической сети, включающей водотоки, озера, топи и путем фильтрации в деятельном горизонте. В условиях Западной Сибири, где преобладают крупные болотные системы, объем стока обеспечивает образование ручьев и речек (с Васюганского болота стекает более 200 речек). Болота не питают реки, они только осуществляют транзитную функцию перераспределения поступающей в них воды между поглощением ее торфяным слоем, испарением в атмосферу и стоком. Но болота влияют на регулирование внутригодового распределения стока, растягивая сроки весеннего половодья. Поэтому паводки рек, имеющих заболоченные водосборы, отличаются более низким пиком и более продолжительным весенне-летним половодьем. Можно представить, насколько катастрофичны были бы разливы сибирских рек, если бы подавляющую часть стока в них не перехватывали болота. Болота оказывают влияние на гидрологический режим прилегающих территорий. В таежной зоне болота способствуют увеличению гидроморфности почв, поднятию уровней грунтовых вод на прилегающих территориях, превышающих размеры самих болот в 4 раза [29].

Торфяные болота – аккумуляторы загрязняющих веществ. По этой причине белорусскими учеными рекомендуется оставлять 30-километровую зону вокруг городов с населением до 500 тыс. человек.

Болота – места обитания редких и исчезающих видов животных и растений. На них гнездятся и кормятся журавли, тетерева, глухари, рябчики, белые куропатки. Белые журавли (стерхи, *Crus*

leucogeranus Pall), обитают на болотах в бассейне р. Конды. До сих пор считается, что нигде в мире, кроме Яно-Индигирских тундр, стерх не гнездится. Он внесен в Красную книгу России. Нередко перелетные водоплавающие птицы выводят потомство на одних болотах, отдыхают во время перелетов на других, а зимуют за тысячи км – на третьих. Необходимо сохранение в природных комплексах таких экологических коридоров.

Не меньшую ценность представляют собой болота как место произрастания ценных и редких видов растений. Среди видов, связанных обитанием с торфяными болотами, 43 вида сосудистых растений занесено в Красную книгу РСФСР.

Многофункциональность болот накладывает особую ответственность за рациональное их природопользование. Как, где и в каких размерах их использовать? Но это уже другая тема, о которой мы поговорим на следующей Школе.

Литература

1. Мопассан Ги де . Полное собрание сочинений: В 12 т. 1958. Т. 6. С. 312–326.
2. Сукачев В.Н. Болота, их образование, развитие и свойства // Сб. лекций дополнительных курсов для лесничих. Спб., 1914. С. 249–405.
3. Сукачев В.Н. Болота их образование, развитие и свойства. Изд. 3-е, доп. Л., 1926. 162 с.
4. Аболин Р.И. Опыт эпитогической классификации болот // Болотоведение. 1914. Вып. 3. С. 1–55.
5. Аболин Р.И. К вопросу о классификации болот северо-западной области // Материалы по опытно-мелиоративному делу. М., 1928. Т. 2. С. 3–55.
6. Пьявченко Н.И. Болото и торфяник // Советская ботаника. 1945. № 1. С. 60–69.
7. Пьявченко Н.И. Лесное болотоведение. М., 1963. 192 с.
8. Иванов К.Е. Теоретическое и экспериментальное обоснование метода расчета элементов водного баланса болотных массивов // Тр. ГТИ. Л., 1957. 500 с.
9. Иванов К.Е. Основы гидрологии болот лесной зоны. Л., 1957. 500 с.
10. Иванов К.Е. Водообмен в водных ландшафтах. Л., 1975. 280 с.
11. Торфяные ресурсы мира: Справочник // Под ред. А.С. Оленина. М., 1988. 383 с.
12. Торфяные ресурсы РСФСР. М., 1991. 99 с.
13. Торфяные ресурсы Томской области и их использование. Новосибирск, 1995. 88 с.

14. Нейштадт М.И. Краткая история исследований // Научные предпосылки освоения болот Западной Сибири. М., 1977. С. 77–100.
15. Полное собрание русских летописей. Т. 1. Лаврентьевская летопись. М., 1962. 579 с.
16. Ломоносов М.В. Полное собр. соч., Спб., 1784. Ч. 4. 260 с.
17. Бамбалов Н.Н. Баланс органического вещества торфяных почв и методы его изучения. Минск, 1984. 175 с.
18. Вомперский С.Э. Биологические основы эффективности лесосушения. М., 1968. 312 с.
19. Головкин Д.Г. Земледелие на торфяных почвах и осушаемых пойменных землях. Л., 1975. 232 с.
20. Ефимов В.Н. Торфяные почвы и их плодородие. Л., 1986. 264 с.
21. Ефимов В.Н. и др. Торф в сельском хозяйстве Нечерноземной зоны: Справочник. Л., 1987. 303 с.
22. Зименко Т.Г. Микробиологические процессы в мелиорированных торфяниках Белоруссии и их направленное регулирование. Минск, 1977. 208 с.
23. Инишева Л.И. Почвенно-экологическое обоснование комплексных мелиораций. Томск, 1992. 270 с.
24. Лупинович И.С., Голуб Т.Ф. Торфяно-болотные почвы БССР и их плодородие. Минск, 1958. 315 с.
25. Переверзев В.Н., Алексеева Н.С. Биологическая активность и азотный режим торфяно-болотных почв в условиях Севера. Л., 1970. 98 с.
26. Скрынникова Н.Н. Почвенные процессы в окультуренных торфяных почвах. М., 1961. 248 с.
27. Лисс О.Л. и др. Болотные системы Западной Сибири и их природоохранное значение. Тула, 2001. 584 с.
28. Заварзин Г.А. Баланс углерода в России // Природа. 1994. № 7. С. 15–18.
29. Караваева Н.А. Заболачивание и эволюция почв. М., 1982. 259 с.

СОВРЕМЕННЫЕ КЛИМАТО-ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ И БОЛОТА СИБИРИ

М.В. Кабанов

Институт оптического мониторинга, г. Томск, kabanov@iom.tsc.ru

Повышенные темпы глобальных изменений окружающей среды и климата, уверенно зарегистрированные на планете в конце прошлого века, но не получившие пока однозначного заключения о причинах и возможных последствиях, продолжают быть актуальным и жизненно важным предметом научных исследований.

Международные программы фундаментальных исследований в этом направлении [1]:

- Международная геосферно-биосферная программа (МГБП);
- Международная программа DIVERSITAS (по проблеме биоразнообразия);
- Всемирная программа исследований климата (ВПИК);
- Международная программа «по человеческим измерениям» глобальных изменений (МПЧИ).

Результаты исследований глобальных изменений в рамках международных и национальных программ за последние десятилетия позволяют сделать ряд обоснованных выводов по стратегии дальнейших исследований в этом направлении [1–3].

Вывод 1. Четыре компонента системы «Земля» (биологическая, химическая, физическая, человеческая деятельность) находятся в интерактивном взаимодействии. Поэтому исследования всех компонент должны предусматривать комплексный мониторинг и многофакторное моделирование.

Вывод 2. При наблюдениях глобальных изменений антропогенные воздействия, выходящие за пределы природно обусловленных изменений, обнаруживаются, но пока на качественном уровне (на уровне «антропогенных сигналов»). Для количественных оценок необходим мониторинг не только первых, но и высших моментов наблюдаемых параметров.

Вывод 3. Наблюдаемые региональные изменения не всегда адекватно описываются на основе существующих глобальных моделей. Поэтому при исследованиях (при мониторинге и моделировании) необходимо учитывать региональные особенности по всем четырем компонентам системы «Земля».

Приведенные и другие более частные выводы о методологии необходимых исследований по закономерностям современных природно-климатических изменений подтверждают предложенную нами ранее концепцию регионального комплексного мониторинга [4]. Подтверждается эта концепция и выявленными к настоящему времени закономерностями наблюдаемых климато-экологических изменений в Сибири. Для иллюстрации сказанного приведем некоторые закономерности, из которых следуют пространственные масштабы наблюдаемых неоднородностей и временная изменчивость (темпоральные закономерности) природно-климатических систем в сибирском регионе.

Пространственные неоднородности. Одна из важных закономерностей пространственной неоднородности следует из статистической обработки результатов радиозондовых наблюдений в Северном полу-

шарии для высотных профилей давления, температуры, влажности, озона и ветра за период 1961–1975 гг. [5]. Результаты районирования климатов свободной атмосферы по средним значениям указанных характеристик и их дисперсий показали, что над территорией Северного полушария достаточно четко выделяется 51 мезомасштабная зона зимой и 48 таких зон летом. На рис. 1 для лета приведена карта выделенных зон, из которых для всей Сибири оказывается две (2.4 – для Западной Сибири, 2.5 – для Восточной Сибири). Как видно из рис. 1, зона Западной Сибири включает также значительную территорию Европейской части России. Аналогичная карта получается и для зимы.

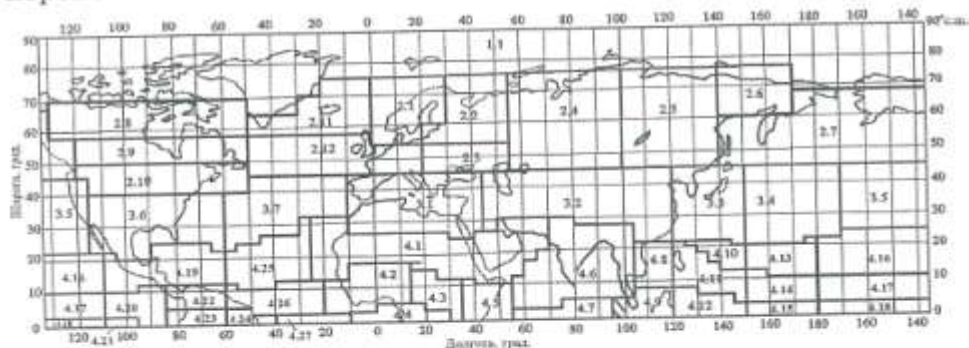


Рис. 1. Карта климатических зон Северного полушария по комплексу вертикальных профилей для давления, температуры, влажности, озону и ветру. Лето

Другая важная закономерность выявлена для температурных полей в приземном слое атмосферы и следует из статистической обработки временных рядов среднемесячной температуры по данным метеостанций за несколько последних десятилетий [5]. Для уменьшения влияния синоптических составляющих при обработке временной ряд рассматривался состоящим из трех составляющих: из долговременного тренда температуры, из среднего значения температуры для конкретного месяца и из отклонений (аномалий) среднемесячной температуры конкретных месяцев от их климатических значений. Результаты районирования по трендам температуры показаны на рис. 2. Как видно из рисунка, во всех регионах Сибири наблюдается систематическое и неравномерное по территории повышение среднегодовых температур с трендом выше, чем на планете в среднем. При этом выделяются очаги ускоренного потепления с трендом до $0.5\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ лет}$: один в Западной Сибири (в районе Сургута) и несколько очагов в Восточной Сибири (в том числе в районе Верхоянского полюса холода).

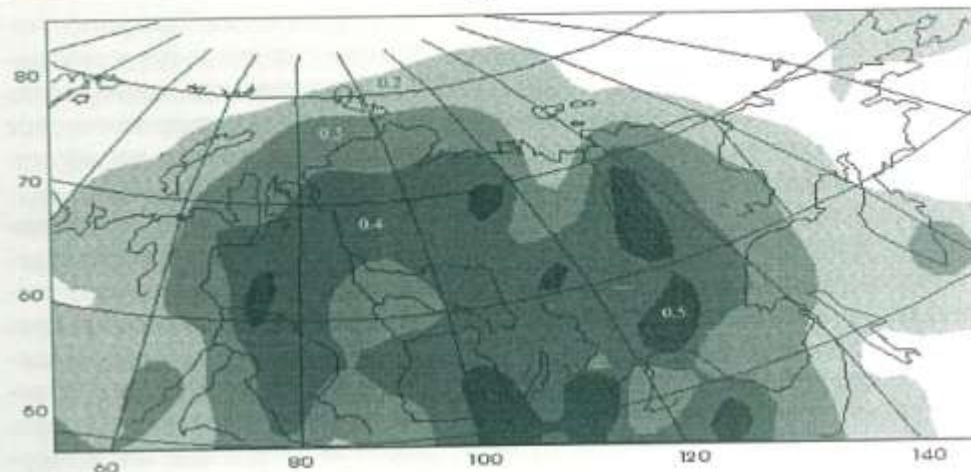


Рис. 2. Карта климатических зон Сибири по температурному тренду в приземном слое атмосферы

Для температурных полей в приземном слое атмосферы выявлены также региональные особенности по зависимости межсезонных колебаний среднемесячной температуры (амплитуды годового хода температуры A_T) от среднегодовой температуры T . На рис. 3 представлена зависимость A_T от T для Северного полушария. Как видно из рисунка, это зависимость с высокой корреляцией близка к линейной и может быть описана формулой:

$$A_T = \alpha(300 - T), \quad (1)$$

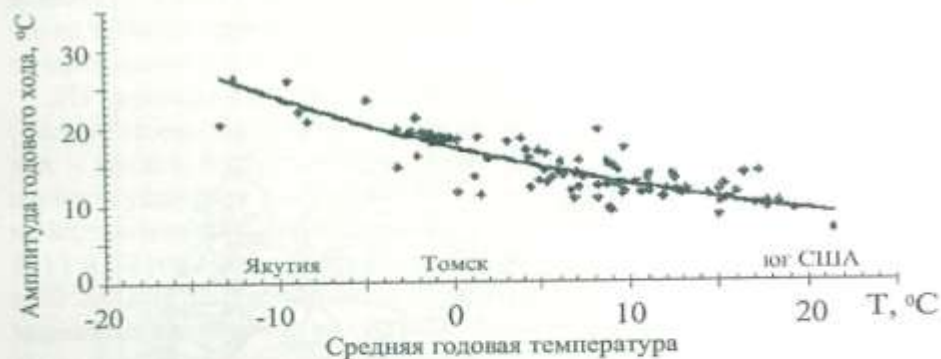


Рис. 3. Зависимость амплитуды годового хода среднемесячной температуры от среднегодовой

если T записать в градусах Кельвина. Величина a для Северного полушария равна 0.56, а для Сибири она принимает значения в различных климатических зонах от 0.4 до 0.8. Подчеркнем, что зависимость (1) тесно связана с режимом переноса тепла и влаги в приземном слое атмосферы и открывает новые возможности для последующей интерпретации представленных выше закономерностей.

Следующая закономерность в Западной Сибири выявлена для грозовой активности [3], которая является обобщающим индикатором явлений и процессов, связанных с атмосферным и литосферным электричеством. На рис. 4 изолиниями показана средняя продолжительность гроз (в часах) за грозовой сезон. Обращает на себя внимание широтное распределение очагов с максимальной грозовой активностью (70 часов) вблизи той широты, на которой располагается Большое Васюганское болото.

Темпоральные закономерности. Под темпоральными закономерностями ниже понимаются не только временные зависимости тех или иных характеристик природно-климатических систем, но и многолетние периоды (периодичности) изменения последних. Малая эффективность традиционных статистических методов анализа при выявлении подобных закономерностей диктует поиски новых подходов, которые в настоящее время находятся в стадии разработки.

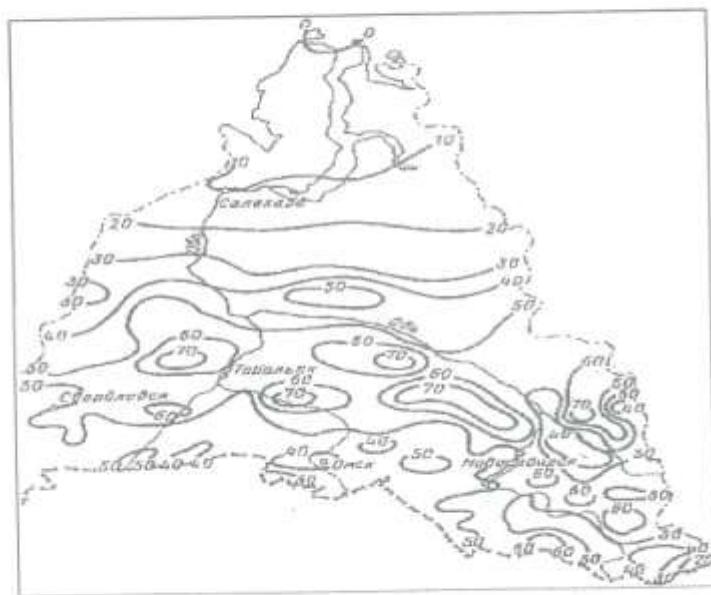


Рис. 4. Карта по среднегодовой продолжительности гроз (в часах) для Западной Сибири

Одной из обоснованных математических реализаций нового подхода к спектральному анализу временных рядов является метод вейвлет-преобразований, который в последние годы успешно используется для выявления темпоральных закономерностей природно-климатических изменений [6, 7]. В отличие от метода Фурье-преобразования, позволяющего выявить частотный спектр во временных рядах, этот метод с помощью солитоноподобной функции (вейвлета) позволяет выявить спектр статистически значимых периодов во временном ряде.

Для иллюстрации на рис. 5 приведен временной ряд среднегодовых температур для Томска (вверху) и результат вейвлет-преобразования этого ряда (внизу). Как видно из рисунка, статистически значимые периоды (шкалы) по изменению среднегодовой температуры претерпели за последнее столетие заметную эволюцию. Масштабы периодов (шкалы) в 20–30 лет в начале XIX века постепенно раздвоились на масштабы около 15 лет (с тенденцией к уменьшению в конце века) и на масштабы в 30–40 лет (с тенденцией к слиянию с большими масштабами в конце века).

Вейвлет-образы для временных рядов были получены не только по приземной температуре для ряда городов Сибири, но и по нескольким геофизическим параметрам планетарного значения. К числу последних относятся: индекс геомагнитной активности A_p , число Вольфа W , индекс южного колебания SOI и другие. Последующий корреляционный анализ между вейвлет-образами временных рядов по разным параметрам для различных периодов (шкал) позволяет вскрыть статистически значимые корреляции. В таблице 1 приведены коэффициенты корреляции для нескольких городов и разных температурных периодов, центрированных по годам в 5, 11, 22 и 30 лет (верхняя часть таблицы). В нижней части таблицы приведены коэффициенты корреляции между городами по выбранным геофизическим параметрам только для периодов в 30 лет.

Из таблицы 1 видно, что по температурным периодам T_m (5÷30) (индекс m означает Томск, взятый за базовую основу, цифры в скобках – масштаб периодов) коэффициенты корреляции уменьшаются по мере удаления от базовой основы (от Томска), а для Благовещенска их значения вообще не имеют значимой величины для периодов в 5, 11 и 22 года (поставлены прочерки). Только для масштаба периода в 30 лет для всех указанных городов коэффициенты корреляции оказываются достаточно высокими. Заметное отклонение по Красноярску для этого 30-летнего масштаба объясняется таким мощным антропогенным воздействием, как заполнение Красноярского водохранилища в 1967–1970 гг. т.е. в пределах этого периода. Корреляционные связи по планетарным геофизическим параметрам для указанных в таблице 1 городов приведены для сравнительной иллюстрации и пока

нами не интерпретируются, так как требуют более широкого и подробного географического охвата.

Из математического аппарата теории многошаговых процессов следует метод эволюционных траекторий (графоаналитический метод), который используется в рамках нового системно-эволюционного подхода к анализу природно-климатических изменений [5]. Достоинство

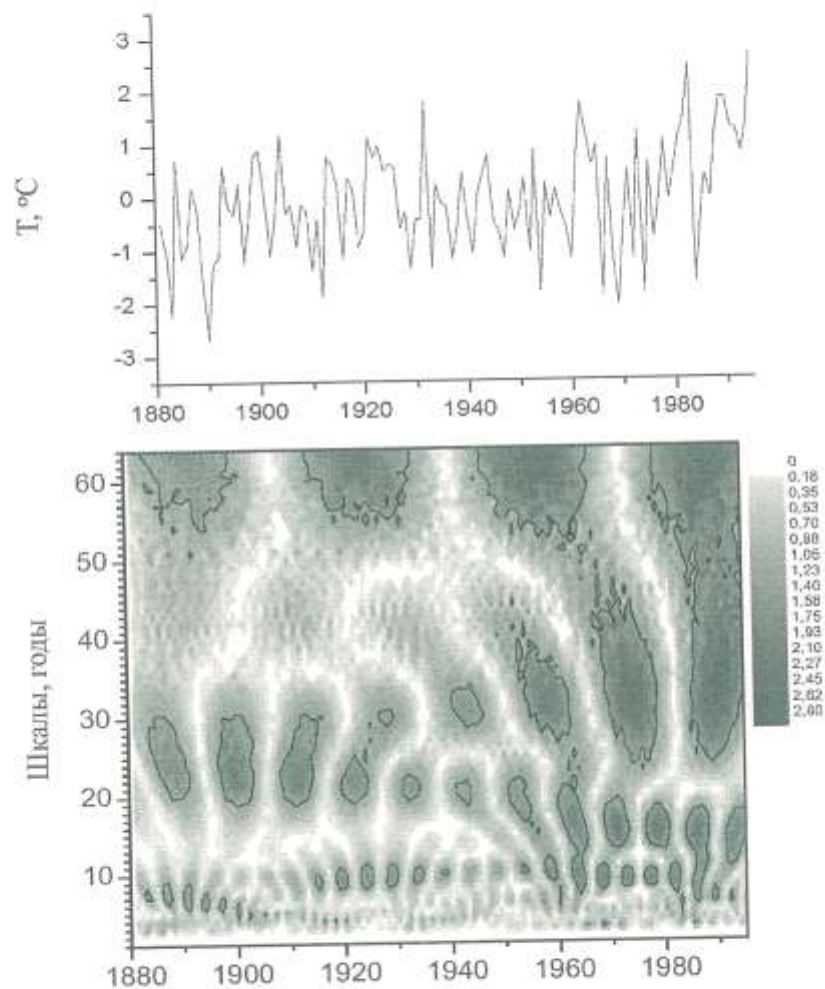


Рис. 5. Временной ряд среднегодовой температуры в Томске (вверху) и вейвлет-образ этого ряда (внизу)

Коэффициенты корреляции амплитуды от вейвлет-образов приземной температуры (по масштабам в 5, 11, 22 и 30 лет) и некоторых геофизических параметров (по масштабу в 30 лет) для различных городов

Параметры	Омск	Томск	Красноярск	Иркутск	Благовещенск
$T_m(5)$	0.85	1	0.81	0.51	—
$T_m(11)$	0.88	1	0.81	0.75	—
$T_m(22)$	0.89	1	0.87	0.81	—
$T_m(30)$	0.97	1	0.79	0.95	0.91
$A_p(30)$	0.67	0.62	0.74	0.57	0.75
$W(30)$	0.80	0.67	0.73	0.67	0.72
$SOI(30)$	—	—	-0.78	—	-0.64

метода состоит в том, что с его помощью удастся вскрыть региональные особенности климатообразующих и средообразующих процессов без искажения сглаживающим осреднением. Такое осреднение обычно применяют, чтобы устранить осциллирующий характер временного ряда и выявить закономерности долговременного тренда.

На рис. 6 показан пример для траекторий среднемесячной температуры по данным относительно близко расположенных метеостанций. Здесь осцилляции кривых показывают межсезонные колебания температуры и, как видно из рисунка, не затегают траекторию огибающей межгодовой изменчивости (оценочной функции в терминах теории многошаговых процессов). Отчетливо видны изломы траекторий (например, в середине 60-х и 80-х гг.) совпадают по времени и характеру, что и следовало ожидать для этих трех городов. Вместе с тем, четкое разделение этих траекторий в выбранной системе координат открывает широкие возможности для дальнейшего более тонкого анализа имеющихся региональных особенностей и для их строго математического описания.

Объект изучения – Большое Васюганское болото. За тысячелетия пребывания человека на обширной территории Сибири лишь в двадцатом столетии произошли кардинальные изменения в масштабах человеческой деятельности на этой территории. Аналогично за успехами геологических наук в раскрытии богатейших природных ресурсов Сибири последовало их освоение и миллионы гектаров природно-территориальных комплексов (тундровых, таежных, болотных) превратились в мощные техногенные комплексы. За успехами физических наук в раскрытии «неисчерпаемых» запасов

атомной энергии появились на планете (и в Сибири тоже) атомные техногенные анклавы. Не отстают и другие направления научно-технического прогресса. При таких темпах индустриализации вопрос экологической устойчивости Сибири приобретает особую остроту.

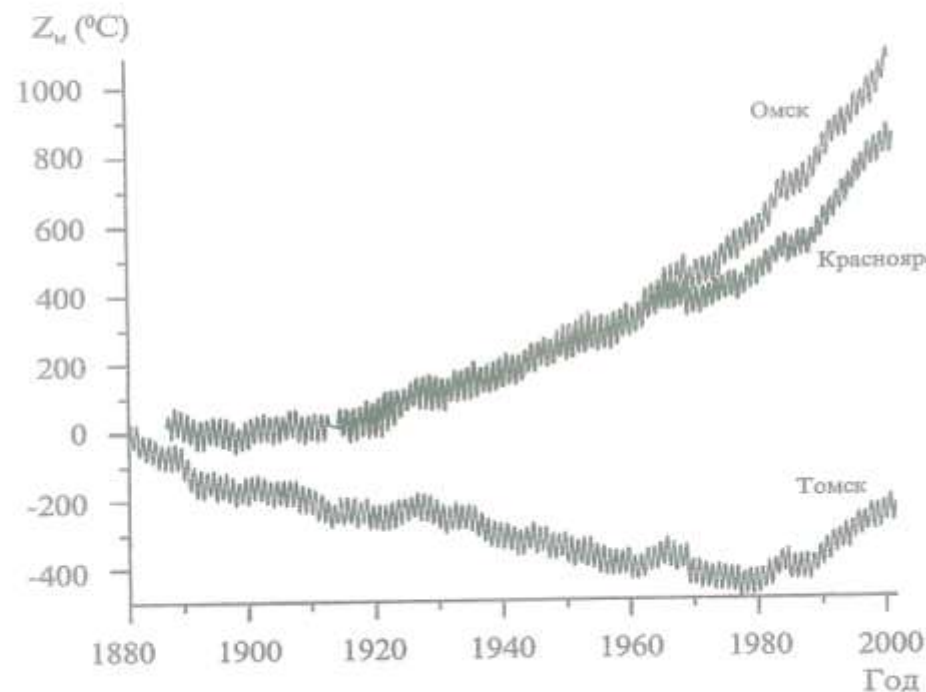


Рис. 6. Траектории сумм среднемесячных температур Z в приземном слое атмосферы

Не менее существенными за последние десятилетия оказываются и наблюдаемые климатические изменения в Сибири. Повышенные темпы потепления в Сибири на фоне ускоренного в прошедшем столетии глобального потепления пока не интерпретированы и прогнозируются только на уровне вероятных сценариев по единичным и, вполне возможно, не решающим факторам. Взаимодействие не только глобальных, но и региональных климатических и экологических систем пока не изучены в достаточной степени, чтобы решение о квотировании выбросов CO_2 в атмосферу по Протоколу Киото (1997 г.), например, считать научно обоснованным. Поэтому трудно оспаривать суждения президента США Д. Буша в процессе предвыборной компании [1]: «Я возражаю против (экологической) политики, подобной соответствующей Протоколу Киото, которая привела бы к ра-

дикальному повышению цен на бензин, нефтепродукты для отопления жилых домов, природный газ и электричество. Такого рода соглашение повысило бы нагрузку на экономику США, не обеспечивая защиты от нежелательных изменений климата». Нечто подобное можно сказать и о сибирском регионе, несмотря на его интенсивное и расширяющееся освоение в последние десятилетия.

Вместе с тем, в отдельных регионах планеты, к которым относится и Сибирь, еще сохраняются природные комплексы с ненарушенными или слабо нарушенными естественными экосистемами. К таким природным комплексам следует отнести Большое Васюганское болото (БВБ). Карта БВБ с существующими стационарными пунктами наблюдений приведена на рис. 7. Приведенные географические очертания БВБ являются результатом многочисленных экспедиций в последние десятилетия и описаны в Перспективном списке Рамсарской конвенции по важнейшим водно-болотным угодьям на планете [8].

Познание законов природы на примере таких комплексов имеет мировое значение, а исследования БВБ всегда осуществлялись как многими российскими учеными, так и научными группами из ряда стран Европы и Азии. Научный интерес к изучению БВБ усиливается еще и уникальными масштабами этого природного организма. В табл. 2 приведены некоторые из характеристик БВБ.

Таблица 2

Некоторые характеристики Большого Васюганского болота

Характеристика	Оценочные данные
Общая площадь в Новосибирской, Омской и Томской областях	53 тыс. км ²
Преимущественный тип ландшафта	грядово-мочажинный
Возраст болота (для 25 % территории)	6–10 тыс. лет (более 500 лет)
Запасы воды в 800 тыс. озерах	400 км ³
Торфяная залежь:	
максимальная глубина	10 м
разведанные запасы	более 1 млрд т.

Важным научно-организационным событием последних лет стало утверждение в 2000 г. Сибирским отделением РАН интеграционной (мультидисциплинарной) программы «Комплексный мониторинг Большого Васюганского болота: исследования современного состояния и процессов развития под воздействием природных и антропогенных факторов». Результаты исследований по этой программе, исполнителями которой являются многие академические и вузовские научные коллективы Сибири, в текущем году оформляются в виде

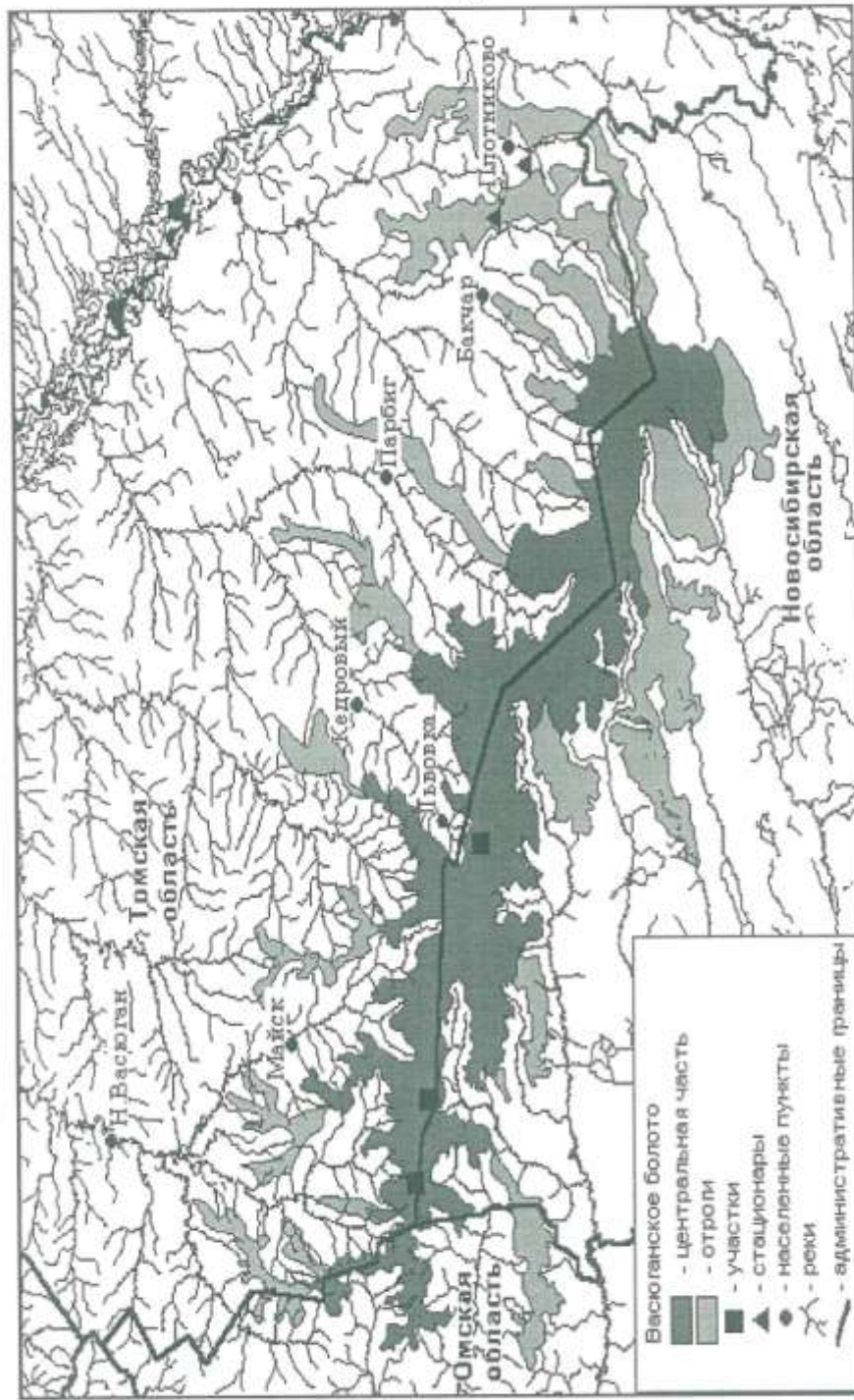


Рис. 7. Карта Большого Васюганского болота по описанию в [8]

сборника статей и будут основанием для продолжения работ по этой программе (на конкурсной основе).

Другим важным научным событием для исследований БВБ представляется научное обоснование, выполненное в Томском государственном университете (соисполнитель интеграционной программы СО РАН) и подготовленное для ходатайства о включении БВБ в список территорий всемирного природного наследия ЮНЕСКО. Соответствующие документы в настоящее время находятся на заключении у губернаторов Томской и Новосибирской областей. Положительное решение вопроса, несомненно, послужило бы мощному усилению научных исследований по всем компонентам (биологическим, химическим, физическим и техногенным) этого природного образования.

Распоряжением Правительства России от 7.06.2002 г. была утверждена **Стратегия экономического развития Сибири**. В разделе этого правительственного документа «III. Основные направления решения проблемы экономического развития Сибири» в части основных направлений охраны окружающей среды Сибири сказано, в частности, что они включают сохранение приоритета естественных экологических систем, природных ландшафтов и природных комплексов, а также биологического разнообразия, а комплекс мер по охране окружающей среды должен обеспечить предотвращение деградации и сохранение уникальных природных комплексов (Байкал, Алтай), природных систем северных территорий, находящихся в сложных экологических условиях.

В цитируемом документе нет прямых указаний на такие природные образования как БВБ. Остается надеяться, что усилиями сибирских ученых и всего мирового научного сообщества со временем удастся обосновать необходимость природоохранных мер для БВБ и возможно других болот Сибири в тех рамках, в которых они определяют коридор климато-экологической устойчивости Сибири и всей планеты.

Литература

1. Кондратьев К.Я., Лосев К.С. Проблемы экологии. Иллюзии и реальность стратегии устойчивого развития // Вестник РАН. 2002. № 7. С. 592–601.
2. Заварзин Г.А., Котляков В.М. Стратегия изучения Земли в свете глобальных изменений // Вестник РАН. 1998. Т. 68. № 1. С. 23–29.
3. Кабанов М.В. Итоги и задачи мониторинга современных природно-климатических изменений в Сибири // ОАО. 2002. № 1. С. 110–115.
4. Кабанов М.В. Региональный мониторинг атмосферы // Научно-методические основы. Томск, 1997. Ч. 1. 295 с.

5. Кабанов М.В. Региональный мониторинг атмосферы // Природно-климатические изменения. Томск, 2000. Ч. 4. 270 с.

6. Астафьева Н.М. Вейвлет-анализ: основы теории и примеры применения // Успехи физ. наук. 1996. Т. 166. № 11. С. 1145–1170.

7. Torrence C., Compo G.P. A practical guide to wavelet analysis // Bulletin of the American Meteorological Society. 1998. Vol. 79. № 1. 1998. S. 61–78.

8. Лапшина Е.Д., Семенова Н.М., Валуцкий В.И. Большое Васюганское болото // Водно-болотные угодья России. Водно-болотные угодья, внесенные в Перспективный список Рамсарской конвенции. М., 2000. Т. 3. № 3. С. 307–309.

ВИДЫ ЛАНДШАФТОВ БАКЧАР-ИКСИНСКОГО МЕЖДУРЕЧЬЯ

М.В. Петкевич

Томский государственный университет, г. Томск

Виды ландшафтов Бакчар-Иксинского междуречья представлены на многолистной крупномасштабной типологической ландшафтной карте, составленной на основе камерального дешифрирования аэрофотоснимков масштаба 1:16000 залета 1986 г. Площадь картографируемой территории составляет около 250 км², а ее границы соответствуют общей направленности и детальности исследований лаборатории торфа и экологии СибНИИТ, руководимой членом-корреспондентом СО РАСХН Л.И. Инишевой, сотрудники которой осуществляют комплекс экспедиционных и стационарных работ по выявлению условий и закономерностей формирования круговорота естественных элементов, в частности, углеродного баланса болот названной территории. Эти работы актуальны и необходимы как для решения практических задач проектирования, строительства, мелиорации, так и проблем охраны природы болотных экосистем. Детальное крупномасштабное ландшафтное картографирование создает основу для стационарных общегеографических работ и, в частности, болотоведческих работ.

Ландшафтное направление в болотоведении связано еще с именами Р.И. Аболина [1] и В.Н. Сукачева [2]. Но развитие метода стало возможным с появлением и усовершенствованием аэрофотосъемки, а с 1970-х гг. – космифотосъемки.

При тематическом и ландшафтном картографировании контактные отпечатки используют в качестве основы и средства картографирования природной среды для получения качественных и количественных характеристик комплекса объектов земной поверхности. Имея массив аэрофото- и – тем более – космоснимков, можно уви-

деть обширные типы болотного пространства: лесные, мохово-лесные, грядовые топяные, грядово-озерковые и т.п., мезо- и микрорельеф, распределение растительного покрова болот, верхнего слоя торфяной толщи, а по рекам, ручьям, озерам и озеркам – гидрологические свойства исследуемого пространства. На этой основе можно наметить направления маршрутов, места описания и отбора проб торфа, следовательно, объективно оценить применяемые методы, как на обширном участке, так и на малом, ключевом участке болотных массивов. Аэрофотоснимки позволяют увидеть и сопоставить все существующее разнообразие болотных массивов и выбрать, в зависимости от поставленных целей, ту или иную группу для исследований. К числу достоинств материалов аэрофотосъемки относятся не только их объективность и наглядность, но также точность, полнота и детальность изображения. Более того, физиономические качества изображения позволяют оценить и понять внутриконтентные и межконтентные связи, влияние каждого на формирование болотного комплекса, его индикационные свойства.

Аэрофотоснимок представляет объективную модель действительности, которая имеет геометрические качества, фотометрические и изобразительные свойства. С помощью прямых, физиономических признаков (тона, цвета, формы, размера, структуры изображения) можно увидеть объекты топографической поверхности (реки, озера, дороги, нефтепроводы, мелиоративные каналы) и специальные объекты. По зернистости и пятнистости определяют суходольные и заболоченные леса, облесенные и открытые болота, кустарники и видовой состав деревьев: хвойных и лиственных. По полосчатости – чередованию света и тени – выделяют болотные мезо- и микроформы: грядово-мочажинные и грядово-озерковые формы. По тональности определяют обводнение территории и распространение травяного и мохового покрова. По белой полосчатой структуре темных рямовых пятен читается, например, березовая поросль их окраин.

Перспективны изобразительные качества спектрзональных аэрофото- и космоснимков, которые хорошо обрабатываются в технологии ГИС. Так, в книге «Васюганское болото» [3, с. 108] лесные ландшафты изображены красным цветом (березово-сосново-зеленомошный заболоченный лес), высокий рям представлен темно-зеленым цветом, низкий рям – светло-зеленым, верховые болота, сфагновые мхи – желтым, а топяные участки показаны темно-зеленым, почти черным, цветом.

По косвенным признакам фотоизображения, отражающего географические взаимосвязи, определяют деципиентные (зависимые) невидимые компоненты, не отразившиеся прямо на снимке. По различным состояниям болотных массивов, выделенных на аэрофотоснимке,

К.Е. Иванов [4] разработал методики выделения водосборов и водоразделов, расчеты гидрологического стока, испарения и водного баланса.

Ландшафтное дешифрирование аэрофотоснимков позволяет на основе различных свойств выделить отличительные контуры, а потом внутри них – признаки и свойства; по разнообразию сочетающихся свойств – типы болотных систем.

Дешифрирование аэроснимков – начальная стадия процесса ландшафтного картографирования – решает следующие задачи, определяемые самим логическим процессом изучения природного комплекса [5]:

1. Привязка – определение точного географического положения изучаемого участка;
2. Обнаружение – обособление фотофизиономических компонентов ландшафта на основе анализа прямых признаков изображения;
3. Оpozнание, заключающееся в установлении дешифровочных признаков конкретных объектов;
4. Интерпретация – установление нефизиономичных (деципиентных) компонентов по физиономичным, их взаиморасположению (текстуре ландшафта), выявление резких отклонений в типичных дешифровочных признаках и установление нарушения природных взаимосвязей (например, техногенных);
5. Экстраполяция и интерполяция – идентификация аналогичных объектов и процессов на других участках.

В результате получают схему дешифрирования, кальки контуров и таблицы дешифровочных признаков, так называемые эталоны дешифрирования. Перенос результатов со снимка на карту делается с помощью УТП-2, оптико-механическим способом. Примеры таких таблиц дешифрирования можно посмотреть в научных отчетах лаборатории. Результаты дешифрирования снимков и ландшафтная карта участка «Ключ» опубликованы в статье [6].

Следует заметить, что степень достоверности и точности дешифрирования подлежат обязательной проверке наземными исследованиями.

Накоплен богатый опыт интерпретации информации болотных систем на основе съемки с самолета. В качестве основного методического материала можно рекомендовать «Альбом аэрофотоснимков растительного покрова центральной части Западной Сибири» [7].

Есть множество определений болотных систем. На наш взгляд, самое удачное принадлежит И.Д. Богдановской-Гиензф [8], которая выделила главные составляющие болота: растительный покров – торф – воду, находящиеся в связи между собой и со всеми остальными компонентами-факторами. Рельеф, в особенности мезо- и микрорельеф, литология – механический и химический состав почв и грунтов, водоносность и водоупорность горизонтов, степень подтопленности, места разгрузки вод,

связь болотного массива с водоприемниками, а также климатические и микроклиматические процессы определяют возможность существования, структуру и динамику болотного комплекса, интенсивность процесса болотообразования. В зависимости от влияния агентов-факторов, формируются фазы и стадии развития болот: по экологическим фенотипическим факторам – гомогенные и гетерогенные; по автономности – автоморфные, гидроморфные, полугидроморфные; по соотношению лесо- и болотообразования – лесные, лесотопяные, топяно-лесные; по трофности – олиготрофные, мезотрофные, эвтрофные, в их сочетании. Развитие болотных систем направляется водным стоком, который имеет различные источники питания и который направляет движение химического, биологического вещества, изменяет условия развития растительности, отложение ее остатков и распад. Распределение по болоту урочищ (сочетаний фаций) связано большей частью с распределением линий стекания поверхностных фильтрующихся вод. По К.Е. Иванову [4], равномерно-параллельные, криволинейно сходящиеся, криволинейно расходящиеся, радиально сходящиеся, радиально расходящиеся потоки вод определяют консервативность и подвижность болотных контуров. По рисунку гидросети определены количественные показатели густоты, степени однородности, углы приращения и другие, определяющие водный режим болотных массивов. Все это свидетельствует о большой перспективности проводимых лабораторией торфа и экологии работ.

Поставленные цели и задачи ландшафтного картографирования Бакчар-Иксинского междуречья определяют подбор участка в установленных границах, разработку структурной классификации изучаемых ландшафтов, составление легенды карты.

Легенда – условные обозначения контуров с их объяснениями. По В.Б. Сочаве [9], это перечень признаков, обозначающих понятия, вкладываемые в контуры, имеющие красочно-штриховое оформление. Ландшафтные единицы в легенде – природно-территориальные комплексы (ПТК) разного ранга, укладываемые сверху вниз (от сложного к простому), составляют ландшафтные классификационные единицы [10]. Если ландшафты расположить снизу вверх (от простого к сложному), то получится схема морфологических единиц ландшафтной дифференциации [11].

При составлении легенды настоящей типологической ландшафтной карты использована легенда среднemasштабной ландшафтной карты Томской области масштаба 1 : 500000, составленная В.С. Хромых (в рукописи).

В качестве основной единицы картографирования представлены **виды ландшафтов** – совокупность доминирующих в ландшафте урочищ. По В.А. Николаеву, это главный диагностический принцип. На

уровне вида ландшафта прослеживается единство растительного покрова – группы ассоциаций и формаций и сопряженных с ними почв. Виды ландшафтов объединяют в подроды с учетом генетических типов и литологии горных пород и роды – по типу рельефа (озерно-аллювиальная междуречная равнина). Выше родов располагается подтип на уровне подтипов почв и подклассов растительности (лесоболотные). Типы ландшафтов объединяют в группы (гидроморфные, автоморфные, полугидроморфные) – по особенностям водно-геохимического режима, определяемого соотношением атмосферного, грунтового и натежного увлажнения, степени дренированности. И, наконец, группы ландшафтов образуют подкласс по критерию ярусной дифференциации ландшафтной структуры (низменные). Класс ландшафтов учитывает морфоструктуры высших порядков (равнины). Поясное название карты с учетом всего таксономического ряда – «Виды ландшафтов южно-таежной низинной озерно-аллювиальной равнины Бакчар-Иксинского междуречья». На карте выделены 45 видов естественных и техногенных видов ландшафта. Интересно добавить к характеристике биоценотического покрова характеристики типа и мощности торфов, как индикатора интенсивности болотообразующего процесса и его возраста.

В четвертой главе фундаментальной монографии «Болотные системы Западной Сибири» [12] представлен обширный обзор существующих классификаций болот и приведена разработанная О.Л. Лисс биоценотическая классификация строения и развития болотных систем во времени и пространстве (С. 196–201).

Судя по литературным данным, накоплен огромный фактический материал, требующий дальнейшего осознания и практического применения.

Все разнообразие ландшафтов Бакчар-Иксинского междуречья отражено в легенде.

ЛЕГЕНДА

ландшафтной карты южно-таежной низинной озерно-аллювиальной равнины Бакчар-Иксинского междуречья Чаинского физико-географического района Васюганской природной провинции

I. ПОЙМЫ

лесо-лугово-болотные

1. Озера-старицы переменного увлажнения – проточные в половодье различных стадий зарастания.

2. Валы и пляжи прирусловые песчаные с первичной растительностью на примитивных почвах.

3. Валы прирусловые песчаные с ивовыми и тополевыми зарослями на аллювиальных луговых слоистых примитивных почвах.

4. Валы прирусловые суглинистые с кедрово-еловыми и березово-осиновыми лесами на аллювиальных дерново-слоистых почвах.

5. Плоские, слабоволнистые понижения низкой поймы суглинистые с осоково-разнотравными, осоково-злаково-разнотравными лугами на аллювиальных луговых слоистых и дерновых кислых почвах.

6. Низины пойменные суглинистые с закустаренными березовыми, ивовыми дернисто-осоковыми болотами на аллювиальных болотных иловато-глеевых, иловато-торфяно-глеевых почвах.

7. Поймы высокие волнисто-грядистые глинистые и суглинистые с редкими березовыми и еловыми лесами мшисто-кустарничковыми и разнотравными на аллювиальных дерновых кислых оподзоленных почвах.

7 а. Те же, распаханное.

8. Поймы высокие слабоволнистые суглинистые и глинистые с редкими березовыми, кедровыми, еловыми травяно-болотными лесами на аллювиальных иловато-глеевых, иловато-торфяно-глеевых почвах.

9. Поймы высокие слабоволнистые и плоские супесчаные и суглинистые с сосновыми и березовыми лесами на аллювиальных кислых почвах.

10. Поймы распаханное с окультуренными разнотравно-злаковыми лугами пастбищ и сенокосов на аллювиальных перегнойно-подзолистых и дерновых слоистых кислых почвах.

11. Поймы распаханное под сельхозкультурами на аллювиальных перегнойно-подзолистых и дерновых слоистых кислых почвах.

II. ТЕРРАСЫ

лесо-лугово-болотные

12. Террасы волнисто-грядистые суглинистые с травяно-моховыми болотистыми лугами и березово-осиновыми перелесками на дерновых слоистых почвах.

13. Террасы волнистые и увалистые суглинистые с березовыми и осиново-березовыми лесами осочково-широкотравными с подростом из темнохвойных (ель, кедр, пихта) на слабоподзолистых почвах.

14. Террасы присклоновые – понижения глинистые и суглинистые с кедрово-березовыми осоковыми, кедровыми сфагново-осоковыми и елово-кедрово-пихтовыми травяно-зеленомошными лесами на перегнойно-подзолистых слабоогненных почвах.

15. Террасы плоские, слегка волнистые супесчаные и суглинистые с сосновыми, сосново-березовыми, кедрово-сосново-березовыми осо-

ково-хвощевыми, разреженными сфагновыми заболоченными лесами на торфяно-подзолистых грунтово-оглеенных почвах.

15 а. Террасы волнистые гривистые с сосново-березовыми травяно-моховыми лесами на перегнойно-подзолистых грунтово-оглеенных почвах.

16. Террасы волнисто-гривистые суглинистые со смешанными березово-сосновыми, березово-елово-кедровыми, реже березово-елово-пихтовыми травяно-моховыми лесами на перегнойно-подзолистых оглеенных и торфяно-подзолистых грунтово-оглеенных почвах – начальная стадия заболачивания леса.

17. Террасы ровные и слабоволнисто-западинные глинистые и суглинистые с мозаичными кустарниковыми березовыми, ивовыми гипновыми болотами на торфяно-глеевых болотных почвах.

18. Террасы ровные и пониженные глинистые и суглинистые с гипново-осоковыми березовыми болотами на низинных торфяных и торфяно-глеевых почвах.

18 а. Кустарничково-осоково-гипновые болота.

III. ДОЛИННО-БАЛОЧНЫЕ

лесо-лугово-болотные

19. Склоны и днища лощин и балок глинистые и суглинистые с закустаренными лугами на дерново-подзолистых слабосмытых почвах.

20. Склоны и днища лощин и балок глинистые, суглинистые с березовыми и сосново-березовыми дернисто-осоковыми, травяно-моховыми слабозаболоченными лесами на дерновых перегнойных оподзоленных кислых почвах (на месте вырубок).

21. Склоны и днища лощин и балок глинистые, суглинистые с березовыми и березово-осиновыми травяными перелесками, на дерновых перегнойных литогенно оподзоленных почвах (вблизи населенных пунктов на месте пожаров и вырубок темнохвойных лесов).

21 а. Те же, распаханые под сельхозкультурами.

22. Склоны и днища лощин и балок глинистые и суглинистые с березовыми крупнотравными, кедрово-елово-березовыми травяными, осоковыми, сфагново-осоковыми слабозаболоченными лесами на дерново-подзолистых слабосмытых почвах.

23. Склоны долин и балок глинистые, суглинистые с разреженными березово-сосновыми древостоями и разнотравно-злаковыми лугами на среднесмытых дерново-подзолистых почвах.

24. Склоны долин и балок глинистые, суглинистые с березовыми, осиновыми лесами с примесью ели, кедра на дерново-подзолистых слабосмытых почвах.

24 а. Те же распаханые.

25. Днища логов и балок с низинными сфагновыми болотами на иловато-торфяных слабосмытых почвах.

IV. ОКРАИНЫ МЕЖДУРЕЧИЙ СЛАБОНАКЛОННЫЕ (105–110 М), (110–115 М) – ВТОРОЙ СКЛОН, ПРЕДСКЛОН СУХОДОЛЫ СЛАБОДРЕНИРОВАННЫЕ

лесные, лесо-болотные

26. Склоны грив и бугров суглинистые с лесными разнотравными лугами в березово-осиновых и березовых лесах на гумусированных перегнойно-подзолистых почвах.

26 а. Те же, распаханые.

27. Гривисто-бугристые поверхности суглинистые с березовыми лесами осоково-широкотравными на перегнойно-подзолистых грунтово-оглеенных почвах (на месте пожаров, вырубок темнохвойных осоково-сфагновых зеленомошных лесов).

27 а. Те же, распаханые.

28. Гривисто-бугристые поверхности суглинистые с березовыми осоково-вейниковыми с единичной елью и кедром лесами на перегнойно-подзолистых грунтово-оглеенных почвах.

29. Гривы и межгривные понижения суглинистые со смешанными сосново-березовыми, елово-березовыми, кедрово-березовыми, реже пихтово-березовыми угнетенными слабозаболоченными лесами на торфяно-подзолистых поверхностно оглеенных почвах.

29 а. Те же самые, вырубки.

29 б. Те же самые, гари.

29 в. Карьеры песчаные.

30. Равнины окраин суходолов суглинистые с сосновыми кустарничково-осоково-сфагновыми заболоченными лесами в середине и кедрово-сосново-березовыми осоково-хвощевыми заболоченными лесами по периферии на торфяно-подзолистых грунтово-оглеенных почвах (перерямок).

30 а–б. Те же, вырубки и гари.

30 в. Те же, свежие гари.

30.1. Первичная галья.

30.2. Равнины кочковатые сосново-кустарничково-сфагновые на торфяно-подзолистых грунтово-оглеенных почвах (рослый ям).

31. Равнины суглинистые с кедрово-сосново-осиново-березовыми осоковыми, хвощевыми и сфагновыми угнетенными лесами на торфяно-подзолистых поверхностно оглеенных почвах (сурям).

31.1. Те же, вырубки.

32. Равнины суглинистые с сосновыми кустарничково-моховыми болотами, единичной угнетенной березкой по кочкам на торфяных грунтово-оглеенных почвах.

33. Равнины суглинистые с березово-сосновыми кустарничково-осоково- и березово-сосновыми хвощево-осоково-сфагновыми заболоченными лесами на торфяно-подзолистых грунтово-оглеенных почвах.

V. МЕЖДУРЕЧЬЯ ПЛОСКОВОЛНИСТЫЕ (СЛАБОДРЕНИРОВАННЫЕ ВЕРХОВЫЕ БОЛОТА)

моховые, травяные, кустарничково-травяно-моховые

34. Топи выклинивания слабоволнистые, мелкогрядовые, слабокочковатые моховые и травяные, травяно-моховые.

34.1. Топи межозерные плоские и вогнутые сфагновые и травяные.

34.2. Рямы – кочковатые равнинно-волнисто-западные сосново-кустарничково-сфагновые.

35. Рямы мелкие (мокрые) – равнинные, волнисто-западные, сосново-кустарничковые.

35.1. Рямы рослые – равнинные кочковатые сосново-кустарничково-сфагновые.

36. Вторичная галья – кочковатые равнинные волнисто-западные рямово-мочажинные травяно-моховые.

36.1. Перерямок на первичной галье – равнинные сосново-травяно-моховые.

37. Мочажинно-грядовые кустарничково-травяно-сфагновые.

37.1. Мелкомочажинно-грядовые кустарничково-травяно-сфагновые.

37.2. Грядово-мочажинные кустарничково-травяно-сфагновые.

38. Грядово-крупномочажинные кустарничково-травяно-сфагновые.

39. Грядово-мочажинно-озерковые кустарничково-травяно-моховые.

40. Озерково-грядово-мочажинные ориентированные и неориентированные кустарничково-травяно-моховые.

41. Грядово-озерковые ориентированные и неориентированные кустарничково-травяно-моховые.

42. Грядово-озерковые кустарничково-травяно-моховые.

43. Озерковые.

Литература

1. Аболин Р.И. Опыт эпитимологической классификации болот // Болотоведение. 1914. Вып. 3. С. 1–35
2. Сукачев В.Н. Болота, их образование, развитие и свойства // Сб. лекций доп. курсов для лесничих. Спб., 1915. С. 249–405.
3. Васюганское болото. Природные условия, структура и функционирование) / Под ред. Л.И. Инишевой Томск, 2000. 136 с.

4. Иванов К.Е. Основы гидрологии болот лесной зоны и расчеты водного режима болотных массивов. Л., 1957. 500 с.

5. Киреев Д.М. Опыт дешифрирования по аэроснимкам типов леса // Методы дешифрирования лесов по аэрофотоснимкам. М.; Л., 1976.

6. Инишева Л.И., Петкевич М.В. Ландшафтно-типологическая характеристика бассейна р. Ключ // Вопросы географии Сибири. Томск, 1999. Вып. 23. С. 236–242.

7. Альбом аэрофотоснимков растительного покрова центральной части Западной Сибири. М., 1973. 83 с.

8. Богдановская-Гизнэф И.Д. Типы верховых болот СССР // Тр. II Всесоюзн. географ. съезда. 1949. Ч. 4. С. 114–152.

9. Сочава В.Б. Интегральные задачи тематического картографирования // Проблемы тематического картографирования. Иркутск, 1970. С. 8–16.

10. Николаев В.А. Проблемы регионального ландшафтоведения. М., 1979. 159 с.

11. Видина А.А. О диагностических признаках ландшафта и его морфологических частей // Ландшафтный сборник. М., 1970. С. 160–181.

12. Лисс О.Л. и др. Болотные системы Западной Сибири и их природоохранное значение. М., 2001. 583 с.

ИССЛЕДОВАНИЯ ТОРФЯНО-БОЛОТНЫХ ЭКОСИСТЕМ НА КАФЕДРЕ БОТАНИКИ

Е.Е. Фомичев, Л.И. Инишева, В.Е. Аристархова, А.Ф. Боровкова,
В.А. Дырин, О.Г. Савичева, Е.В. Белова
Томский государственный педагогический университет, г. Томск

«Россия прирастать будет Сибирью» – так сказал М.В. Ломоносов. И мы знаем почему. Западная Сибирь богата полезными ископаемыми. Как правило, называют нефть, газ, уголь, золото, неметаллические полезные ископаемые. И мы еще добавим редко называемый авторами природный ресурс – торф. Западно-Сибирский экономический район (в его состав входят: Алтайский край, Кемеровская, Новосибирская, Тюменская, Омская и Томская области) представляет собой крупнейший торфяной регион мира с 39 % мировых запасов торфа. А вся Россия по запасам этого природного сырья занимает первое место в мире. Заметим, что нашей стране принадлежат первые места по запасам природных ресурсов только по торфу и газу. В ряде районов Западной Сибири заторфованность превышает 50 % [1].

По многим функциям – участию в глобальном цикле углерода или сохранению биологического разнообразия, торфяно-болотные экосис-

темы (ТБЭС) имеют общемировое значение. Специфические черты ТБЭС, связанные с аккумуляцией энергии вещества и информации в геологическом масштабе времени, выделяют их среди других экосистем суши. Скорость проходящих процессов делает ТБЭС естественно не возобновляемыми в масштабе нескольких человеческих поколений. Поэтому, ТБЭС отводится особое место в стратегии природопользования.

Торфяно-болотные экосистемы выполняют значительную роль в биосфере. Например, они играют важную роль в поддержании состава атмосферного воздуха: их растительность обогащает атмосферу кислородом и усваивает углекислый газ, изымая из планетарного цикла углерод и консервируя его в торфяниках на тысячи лет. В результате частичного разложения растительных остатков в анаэробных условиях в атмосферу поступает также значительное количество метана. Соотношение между потоками углекислого газа и метана (важных компонентов атмосферного воздуха, регулирующих проявления «парникового эффекта») определяет «вклад» болотного региона в возможное потепление глобального климата [2, 3].

Климатическая функция болот выражается в их мощном влиянии на формирование теплового и водного балансов территории. Так было установлено, что величина радиационного баланса болот с мощной торфяной залежью в средней и северной тайге препятствует смещению границы распространения зоны вечной мерзлоты южнее Сибирских Увалов. Известно, например, что за летние месяцы с болот Западно-Сибирской равнины выносятся в среднем более 300 км³ испарившейся влаги на территорию Восточной Сибири и Казахстана.

Болота обеспечивают сохранение генофонда редких, и в том числе не встречающихся нигде видов животных, птиц и растений. На торфяных болотах произрастают лекарственные растения (багульник, вахта, сабельник, таволга) и ягоды.

Вместе с тем, ТБЭС являются природным ресурсом для получения более чем 40 видов торфяной продукции. Органическое вещество торфов следует рассматривать как ценное химико-технологическое сырье. В последние годы показана высокая эффективность переработки торфа для получения красителей древесины, химических волокон, тканей, специальных антикоррозионных присадок, преобразователей ржавчины и консервационных масел, углещелочных реагентов для буровой техники и производства строительных материалов, металлургического сырья, восков, модельных составов для точного литья в машиностроении, разделительных смазок в производстве изделий из пенополиуретанов для нужд автомобильной промышленности, теплоизоляционных материалов и гидрофобизаторов для них, лекарственных средств, изделий бытовой химии, косметики, полиграфии и других продуктов.

Но особенно ценен торф и другие болотные образования (гажа, мергель, сапропели, торфовивианиты) в сельскохозяйственном производстве для получения органических и органо-минеральных удобрений, удобрительных смесей и мелиорантов, биостимуляторов и ростовых веществ, бактериальных препаратов, кормовых дрожжей и углеводных кормовых добавок, широкого набора продукции для тепличных и садово-огородных хозяйств.

Использованию торфа в сельском хозяйстве и были посвящены исследования кафедры ботаники ТГПУ, начатые с 1961 года под руководством профессора Георгия Николаевича Блинкова. Фундаментальные проблемы болотоведения (характеристика торфяных болот, свойств торфов и торфяных залежей) перемежались на кафедре с работами практического характера (технологии приготовления торфяных компостов, торфо-минеральных удобрений). Особо следует отметить исследования по эффективности применения торфяных удобрений. Широким фронтом велись работы с торфонавозными и торфо-люпиновыми компостами (Блинков, 1963, 1964, 1968; Боровкова, 1968; Аристархова, 1970; Дырин, 1976). Были получены интереснейшие результаты по их эффективности, которые послужили в дальнейшем исходным этапом для других исследователей при расширении работ в данном направлении. По эти материалам было опубликовано более 100 научных статей, защищено 4 кандидатских диссертаций (А.Ф. Боровкова, А.Ф. Аристархова, А.Ф. Рачковская, А.Ф. Дырин), а в 1975 году вышла книга Г.Н. Блинкова «Торфяники и их использование в сельском хозяйстве», где были обобщены многолетние работы кафедры.

Другое направление исследований – симбиотические и свободноживущие азотфиксаторы, по которому разработаны приемы использования бактериальных препаратов для повышения продуктивности бобовых культур в условиях Томской области. С 1966 года кафедра включена в географическую сеть опытов по испытанию эффективности бактериальных препаратов с координацией работ ВНИИ сельскохозяйственной микробиологии (г. Санкт-Петербург). По данной теме была защищена одна докторская (Г.Н. Блинков) и 5 кандидатских диссертаций (Л.В. Романова, Г.С. Желюва, Е.Л. Ищенко, О.И. Прокопенко, Е.Е. Фомичев), а по материалам исследований опубликовано около 100 работ и было получено две бронзовые медали ВДНХ (Г.Н. Блинков, Е.Е. Фомичев).

В настоящее время на кафедре ботаники работает 10 преподавателей, из которых один доктор наук, 5 кандидатов наук и 4 аспиранта. Несколько изменились и направления научных исследований кафедры. Кратко их можно объединить в два направления:

1. Рациональное использование торфяно-болотных экосистем: нативные и антропогенные режимы, круговорот углерода и азота, биогеохимия элементов, моделирование природных процессов.

2. Комплексное использование торфяных ресурсов: химический состав и структура торфов, торфяная продукция.

Эти направления активно разрабатываются студентами, аспирантами и сотрудниками кафедры и сотрудниками вновь созданной проблемной лабораторией агроэкологии.

Основные результаты по первому направлению получили завершение в виде Базы данных торфяных ресурсов (свидетельство № 970002, М., 1997), карты направлений использования торфяных ресурсов Томской области. Изучаются режимы (гидрохимический, гидротермический, биохимический, баланс углерода и азота) ТБЭС Западной Сибири на болотных стационарах (на биогеоценозах олиготрофного и эвтрофного ряда); опубликованы 3 монографии: «Болота Западной Сибири, их роль в биосфере». Томск, 1998; «Васюганское болото, природные условия, структура и функционирование». Томск, 2000; «Болотные системы Западной Сибири и их природоохранное значение». М., 2001; одно учебное пособие «Происхождение торфяных болот и их многофункциональная роль». Томск, 2000 и более 50 научных статей в реферируемых изданиях.

Исследования коллектива поддержаны 8 грантами РФФИ (в том числе два гранта аспирантов) и государственными программами. Большинство работ успешно осуществляются под руководством чл.-корр. РАСХН, профессора Л.И. Инишевой («Организация и проведение экспедиционных работ по изучению эмиссии CO₂ на разных болотных экосистемах с целью изучения вклада болот в эмиссию парниковых газов в атмосферу» (№ 99-05-64233); «Исследование процессов трансформации органического вещества торфов» (№ 97-05-64022); «Организация и проведение экспедиционных исследований по изучению биохимических процессов в торфяно-болотных экосистемах» (№ 99-04-63078); «Водная миграция веществ в бассейнах малых рек» (№ 01-05-64189)).

Коллектив участвует в интеграционной программе СО РАН «Комплексный мониторинг Большого Васюганского болота», раздел «Исследования природно-ресурсного потенциала и экосистемных изменений на территории Большого Васюганского болота и смежных территориях».

В результате проведенных исследований получены новые научные знания хода развития, динамики и эволюции ТБЭС, исследован баланс веществ в ТБЭС олиготрофного и эвтрофного типов, изучены процессы депонирования и продуцирования углерода биосферы, получены данные по химическим и микробиологическим процессам в торфяной залежи и разработана модель формирования стока и миграции веществ в заторфованных бассейнах.

По второму направлению проводятся фундаментальные исследования по ионообменным, химическим, биологическим и резистентным свойствам репрезентативных торфов. Получены составы сбалансированных эгратоудобрений с биологическими стимуляторами роста, аминокислотами и другими природными компонентами; дополнены основы технологического процесса грануляции торфа. На предлагаемый способ грануляции и составы эгратоудобрений получены два патента, разработаны технические условия в 2002 г. получен диплом за разработку поликомпонентной сбалансированной торфяной продукции сельскохозяйственного назначения. Имеется запатентованный товарный знак торфяной продукции.

В перспективе планируется исследование целенаправленного воздействия на торф (физических полей, термические, биологические) с целью выделения из него определенного класса органических соединений, обеспечивающих получение новой продукции с заданными биохимическими свойствами. Организация производства на основе гранулирования торфа позволит получить продукцию, сохраняющую свои свойства в течение нескольких лет, с хорошей насыпной емкостью, транспортабельную и с возможностью освоения рынков сбыта отдаленных территорий России и других стран.

Научные исследования, проводимые на кафедре, вызывают интерес за рубежом. В 2001 году на стажировку по исследованию эмиссии метана из ТБЭС был принят Бернд Айлрих (Швейцария), предложено принять участие в разработке Программы Wetland International. Кафедра сотрудничает с Сибирским НИИ торфа, Институтом оптического мониторинга, Институтом оптики атмосферы, Институтом химии нефти, Томским филиалом Института леса СО РАН, Московским государственным университетом, Институтом сельскохозяйственной микробиологии (г. Санкт-Петербург).

В будущем представляется интересным расширить исследования по вышеперечисленным направлениям с целью полного использования накопленного научного потенциала кафедры.

Литература

1. Нейштадт М.И. Характеристика болот – важнейшего современного ландшафта северной части Западно-Сибирской равнины // Научные предпосылки освоения болот Западной Сибири. М., 1977. С. 48–66.
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. Васюганское болото (природные условия, структура и функционирование) / Под ред. Л.И. Инишевой. Томск, 2000. 136 с.

ЧАСТЬ II. ВЫСТУПЛЕНИЯ УЧАСТНИКОВ ШКОЛЫ

ФЕРМЕНТАТИВНАЯ АКТИВНОСТЬ ВЫРАБОТАННЫХ ТОРФЯНЫХ ПОЧВ

Е.В. Белова

Томский государственный педагогический университет, г. Томск,
ltor@petrol.tomsk.ru

Болотные и заболоченные оторфованные земли занимают 369,1 млн га или 21,6 % территории России с преобладающим распространением в таежной зоне [1]. Торфяные почвы – самые распространенные почвы на Земле, обеспечивающие эколого-биосферное равновесие на поверхности планеты.

Осушение торфяных болот и последующая добыча торфа на удобрения и топливо приводит к нарушению естественных болотных экосистем, превращению их в выработанные торфяники, подлежащие рекультивации. По данным земельного кадастра площадь нарушенных при торфоразработках земель в России по состоянию на 1 января 2000 г. составляет 242,3 тыс. га [2]. В Западной Сибири общая площадь выработанных торфяных месторождений достигает 8 тыс. га.

Выработанные торфяные почвы отличаются от торфяных почв по своему состоянию и характеризуются большим разнообразием, что обусловлено различными условиями производства, сроком давности выхода участков из эксплуатации, типом болот, условиями водного питания, мощностью остаточной торфяной залежи и видами торфов, ее слагающих [3–6]. Последний фактор имеет преобладающее значение как определяющий при использовании торфяных почв, в том числе выработанных под сельскохозяйственное и лесохозяйственное направления [7].

Необходимо подчеркнуть, что остаточная торфяная залежь выработанных торфяных почв может иметь мощность от 0,5 до 2,0 и более метров, что характерно для территории Западной Сибири. Поэтому в дальнейшем объектом нашего внимания будут являться как осушенные, так и выработанные торфяные почвы низинного типа.

Важнейшая задача в земледелии на торфяных почвах, в том числе и выработанных – регулирование соотношения между разрушением и накоплением органического вещества. Это очень актуальная задача, так как торфяные почвы должны быть сохранены как ресурс биосферы. Важным показателем соответствия этих процессов может служить биологическая активность торфяного профиля, которая включает активность микрофлоры и энзимологические процессы.

Многочисленными исследованиями установлено, что биологические процессы трансформации органического вещества, совершающиеся в почве, ферментативны по своей природе [8–17]. Отдельными авторами доказано, что активность ферментов является даже более устойчивым и чувствительным показателем биологической активности почв, чем интенсивность микробиологических процессов [13, 15, 16, 18, 19]. Это объясняется тем, что трансформация органического вещества в почве происходит с помощью ферментов, как выделяемых в данный момент почвенными микроорганизмами, так и находящимися в почве в адсорбированном состоянии.

Динамика и мобилизация усвояемых форм элементов питания, в частности азота и фосфора, тесно связаны с процессами гидролитического разложения органического вещества, поэтому особое внимание некоторые авторы уделяют исследованиям ферментов из класса гидролаз (инвертаза, протеаза) [13, 16, 20–22]. Гидролитический распад органических соединений в почве представляет собой важный этап, предшествующий стадии окислительно-восстановительных процессов гумусообразования, в которых активное участие принимают ферменты из класса оксидоредуктаз – каталаза, полифенолоксидаза, пероксидаза. Определение активности этих двух классов ферментов дает возможность охарактеризовать биологическую активность почв и выявить биохимические особенности отдельных стадий почвообразовательного процесса [13, 14].

Анализ литературных данных показывает, что наиболее изучена ферментативная активность осушенных торфяных почв [11–14, 19, 21–27], в то время как выработанные торфяные почвы в этом плане исследованы недостаточно [28–32].

Рассмотрим ферментативную активность выработанных торфяных почв южно-таежной подзоны Западной Сибири на примере двух торфяных месторождений Томской области: «Сухое-Вавиловское» и «Таган».

Торфяное месторождение «Сухое-Вавиловское» расположено в Бакчарском районе на первой надпойменной террасе реки р. Галка, частично выработано. Длительность осушения после добычи торфа фрезерным способом составляет 17 лет, расстояние между каналами 40 м. Исходная мощность торфяных почв составляла 7,6 м, остаточная – 3,2 м. Почвы с поверхности сформированы гипновым торфом, далее травяно-гипновым, древесно-гипновым и тростниковым видами торфа. Подстилающие породы – пылеватые глины с включениями карбонатов. В настоящее время объект находится в стадии самозаращания.

Торфяное месторождение «Таган» находится в Томском районе и располагается в древней ложбине стока. Длительность осушения после добычи торфа фрезерным способом составляет 38 лет, расстоя-

ние между каналами – 80 м. Первоначальный торфяной профиль достигал 9.3 м, остаточный – 1.4 м. Последний по всему профилю сложен древесным видом торфа. Подстилающие породы – заиленные пески. Объект в настоящее время используется под сенокос.

Почвы исследуемых объектов по «Классификации почв России... 2000» [33] относятся к типу агроторфяных эутрофных (далее по тексту почвы первого объекта – торфяные почвы гипнового состава; второго объекта – торфяные почвы древесного состава).

В сухих образцах исследуемых почв определяли активность фермента протеазы, осуществляющей гидролитическое расщепление белков до аминокислот по методу Лэдда и Батлера [34] и активность окислительно-восстановительных ферментов (каталаза, полифенолоксидаза, пероксидаза) по соответствующим методикам [35, 36].

Результаты проведенных исследований показывают, что исследуемые почвы характеризуются чрезвычайно низкой протеолитической активностью (табл.). Протеолитическая активность проявляется, преимущественно, только в поверхностном слое 0–10 см, что ранее отмечалось и другими исследователями [11, 19, 27, 37]. Вероятно, это связано с наличием сложных органических соединений, которые устойчивы к воздействию протеолитических ферментов, о чем упоминает в своей работе Т.А. Щербакова [16]. Кроме того, высушивание анализируемых образцов, вероятно, оказывает ингибирующее влияние на активность протеазы. Невысокая протеолитическая активность выработанных торфяных почв зафиксирована также А.А. Широких в пределах Кировской области [29].

Как отмечалось выше, окислительно-восстановительные ферменты играют важную роль в обмене веществ и энергии в почве. Среди рассматриваемых торфяных почв наиболее высокой активностью окислительно-восстановительных ферментов обладают торфяные почвы гипнового состава, имеющие большую мощность почвенного профиля, насыщенные карбонатами, сложенные преимущественно гипновым высокозольным торфом (табл.).

В результате активирующего действия фермента каталазы осуществляется разложение ядовитой для живых клеток перекиси водорода на воду и кислород. В почве высокоактивный кислород, образующийся при участии данного фермента, играет важную роль в переносе электронов при синтезе органических соединений [12]. Известно, что активность каталазы в выработанных торфяных почвах, по сравнению с осушенными торфяными почвами низинного типа, ниже почти в 3 раза [38]. Т.Т. Ефремова [22], Т.П. Славина, Л.И. Инишева [19] в своих работах отмечают более высокую каталазную активность осушенных торфяных почв Томской области по сравнению с аналогич-

Ферментативная активность выработанных торфяных почв

Глубина, см	Ботанический состав	Каталаза		Полифенолоксидаза ¹ (ПФД)	Пероксидаза ¹ (ПД)	ПФО/ПД, % ²	Протеаза ³	
		общая	ферментативная					
								мл O ₂ за 2 мин/1 г
Торфяные почвы гипнового состава								
0–10	гипновый	2.34	1.60	68.96	5.56	8.69	63.97	0.81
10–20	гипновый	3.37	2.60	76.88	4.24	22.05	19.25	0.00
20–30	гипновый	8.22	2.41	28.95	3.35	25.52	13.13	0.00
30–40	гипновый	15.94	1.71	10.70	2.72	32.49	8.36	0.32
40–50	гипновый	13.41	0.00	0.00	3.09	29.60	10.45	0.00
50–60	гипновый	13.51	0.00	0.00	2.91	29.56	9.83	0.00
60–70	гипновый	10.85	0.77	6.99	2.95	27.88	10.57	0.00
70–80	гипновый	12.72	4.37	33.81	2.99	28.57	10.45	0.00
80–90	гипновый	3.33	2.72	81.67	2.44	12.01	20.35	0.14
90–100	гипновый	5.79	2.26	38.23	2.80	17.79	15.74	0.00
100–125	гипновый	7.53	4.31	57.19	2.64	14.22	18.57	0.00
125–150	гипновый	5.91	4.37	73.97	2.26	7.81	28.94	0.00
150–175	гипновый	3.96	3.17	80.21	2.11	7.26	29.13	0.00
175–200	травяно-гипн.	2.77	1.68	53.63	2.56	3.74	68.50	0.00
200–225	древесно-гипн.	4.36	3.26	74.63	3.00	9.81	30.63	0.00
225–250	древесно-гипн.	6.42	4.83	75.21	3.14	12.06	26.07	0.00
250–275	тростниковый	3.82	2.90	76.15	3.77	9.19	41.00	0.00
275–300	тростниковый	3.53	2.39	67.74	2.43	10.69	22.74	0.00
300–320	тростниковый	4.32	3.27	75.82	2.66	13.30	20.02	0.00

Ферментативная активность выработанных торфяных почв
(окончание)

Глубина, см	Ботаничес- кий состав	Каталаза			Полифе- ноокси- даза ¹ (ПФД)	Перо- ксида- за ¹ (ПД)	ПФО/ПД, % ²	Проте- аза ³
		об- щая	фермента- тивная					
			мл O ₂ за 2 мин/1 г	% от общей				
Торфяные почвы древесного состава								
0–10	древесный	5.02	4.10	80.16	5.69	9.90	57.46	0.88
10–20	древесный	2.81	2.14	76.13	1.29	4.37	29.47	0.04
20–30	древесный	1.48	1.03	69.56	1.65	4.61	35.80	0.00
30–40	древесный	1.64	1.32	80.56	2.22	9.21	24.06	0.00
40–50	древесный	0.86	0.50	55.19	1.96	9.27	21.17	0.00
50–60	древесный	0.84	0.44	50.93	0.45	8.51	5.27	0.00
60–70	древесный	1.05	0.59	53.04	2.50	7.88	31.80	0.00
70–80	древесный	1.82	1.44	78.94	2.11	10.42	20.28	0.00
80–90	древесный	1.34	0.85	62.78	1.85	14.25	13.01	0.00
90–100	древесный	1.29	0.64	49.41	1.93	10.77	17.88	0.00
100–125	древесный	2.86	2.30	80.57	2.11	7.13	29.64	0.00
125–140	древесный	1.52	0.93	58.22	1.87	9.13	20.50	0.00

¹ мг 1,4-п-бензохинона за 30 мин/1 г;

² коэффициент накопления гумуса (отношение полифенолоксидазной и пероксидазной активностей, %);

³ мг тирозина за 18 ч/1 г.

ными почвами Европейской территории страны [23, 24], что подтверждается и нашими исследованиями. Особенности генезиса торфяных почв гипнового состава, рассмотренные выше, обуславливают более высокую общую каталазную активность по сравнению с торфяными почвами древесного состава. Первые характеризуются широким диапазоном изменения общей каталазной активности – 2.34–15.94 мл O₂/2 мин/г при среднем 8.95 (далее единицы измерения – ед.). Распределение общей каталазной активности по профилю торфяных почв гипнового состава имеет неравномерный характер, что обусловлено бота-

ническим составом торфов, слагающих залежь, различной их зольностью, особенностями состава органического вещества. Наиболее высокие показатели каталазной активности отмечаются в слое 30–70 см, характеризующемся максимальными значениями зольности (45.8–52.0 %). Кроме того, высокие значения каталазной активности определяются нейтральной реакцией среды (рН_{сол}=7.1–7.5), вызванной повышенным содержанием кальция в торфяных почвах, что было выявлено ранее [13, 14, 24].

Общая каталазная активность определяется ферментативной и неферментативной. Неферментативная активность согласно некоторым авторам [11, 19] включает каталитическую активность соединений железа и марганца. Сопоставление результатов ферментативной и неферментативной активности каталазы в торфяных почвах гипнового состава показывает, что в высокозольных горизонтах окислительно-восстановительные процессы осуществляются в основном за счет минеральных катализаторов. Практически полностью отсутствует каталаза биологического комплекса на глубине 30–70 см. Повышение неферментативной активности в торфах Томской области с увеличением зольности ранее констатировала О.Г. Савичева [39].

В отличие от вышерассмотренных почв, в торфяных почвах древесного состава общая каталазная активность изменяется в небольших пределах (0.84–5.02 ед. при среднем 1.88). При этом преобладает ферментативная каталаза, на долю которой приходится от 49 до 80 % от общей. Такая же невысокая каталазная активность характерна для неосушенных торфяных почв, сложенных древесным и древесно-осоковым видом торфа, террасного залегания [37]. Наибольшая активность каталазы приурочена к хорошо азрированному поверхностному слою 0–20 см, а вниз по профилю наблюдается тенденция к ее снижению. Такая же закономерность распределения каталазной активности по профилю выявлена в осушенных торфяных почвах [11, 31, 22].

Установлено, что гумификация органических веществ сопровождается проявлением высокой активности полифенолоксидазы, которая катализирует распад фенольных соединений до хинонов и воды при участии кислорода воздуха [11, 15, 16, 40–42]. Пероксидаза осуществляет окисление органических кислот почвы (полифенолов, аминов и др.) за счет кислорода пероксида водорода и других перекисей, образующихся в почве в результате жизнедеятельности микроорганизмов и некоторых оксидаз. Поэтому исследователи полагают [41, 43, 44], что активность пероксидазы связана с минерализацией гумуса. Вместе с тем, как отмечают А.Е. Гулько и Ф.Х. Хазиев [42], роль пероксидазы в процессах синтеза и распада гумусовых веществ до конца не выяснена.

В торфяных почвах гипнового состава активность полифенолоксидазы изменяется в пределах 2.11–5.56 мг 1.4 п-бензохинона/30 мин/г при среднем 3.03 (далее – ед.), а в почвах древесного состава эти пределы составляют 0.45–5.69 ед. при среднем 2.14. Наиболее активно процесс гумификации в торфяных почвах как гипнового, так и древесного состава протекает в верхнем, хорошо аэрированном слое (0–10 см). Необходимо отметить, что распределение полифенолоксидазной активности в исследуемых почвах различается. В торфяных почвах гипнового состава в верхней части профиля, сложенного гипновым видом торфа, наблюдается плавное снижение активности полифенолоксидазы до глубины 175 см с 5.56 до 2.11 ед. В более глубоких горизонтах, сложенных древесно-гипновым и тростниковым торфом, характеризующихся повышенным содержанием гуминовых кислот и незначительным – легкогидролизуемых веществ, активность фермента возрастает до 3.77 ед.

Иной характер распределения полифенолоксидазной активности отмечается в торфяных почвах древесного состава. Вглубь по профилю активность полифенолоксидазы изменяется неравномерно. При этом можно отметить тенденцию резкого снижения активности данного фермента в горизонтах, характеризующихся высоким содержанием гуминовых кислот. Аналогичную закономерность ранее отмечали А.А. Широких и И.А. Вертоградская [30]. Мы не исключаем и наличия процесса иммобилизации полифенолоксидазы гуминовыми кислотами, что, по мнению некоторых авторов [42, 45], может приводить к снижению активности фермента.

Сопоставляя данные по полифенолоксидазной и пероксидазной активности исследуемых торфяных почв можно предположить, что процесс разложения гумусовых веществ преобладает над их синтезом. При этом торфяные почвы гипнового состава характеризуются почти в 2 раза больше активностью этого фермента по сравнению с почвами древесного состава (табл.).

Ряд авторов предлагает использовать соотношение активности полифенолоксидазы к активности пероксидазы, выраженное в процентах, как коэффициент накопления гумуса. Он может быть использован как показатель окультуренности [41, 42]. По нашим данным эта величина в среднем по профилю близка в обеих торфяных почвах и составляет, соответственно 24.6 и 25.5 %, что почти в 2 раза меньше, чем в типичном черноземе [41]. На основании полученных данных можно отметить, что в верхнем слое 0–50 см торфяных почв древесного состава значения коэффициента накопления гумуса в 1.5 раза больше, чем в торфяных почвах гипнового состава, что свидетельствует о более высокой степени окультуренности торфяных почв древесного состава.

Таким образом, весь профиль исследуемых торфяных почв, оставшийся после частичной выработки торфа, биологически активен, что обеспечивает их потенциальное плодородие. Выработанные торфяные почвы гипнового состава имеют более высокую ферментативную активность, по сравнению с торфяными почвами древесного состава.

Литература

1. Вомперский С.Э., Цыганова О.П., Ковалев А.Г. и др. Заболоченность территории России как фактор связывания атмосферного углерода // Глобальные изменения природной среды и климата. Избранные научные труды. М., 1998. С. 124–145.
2. Государственный (национальный) доклад о состоянии и использовании земель Российской Федерации за 1999 год. М., 2000. 20 с.
3. Фатчихина О.Е. Зависимость плодородия торфяных карьерных почв от толщины слоя торфа // Бюл. научн.-техн. информ. ЦТБОС. М., 1957. № 1. С. 55–57.
4. Немчинов А.А. Болотные почвы и их использование. М., 1953. 108 с.
5. Борейко В.С. Влияние на урожайность культур мощности остаточного слоя торфа выработанных участков // Научн. тр. ЦТБОС. М., 1980. Вып. 1. С. 212–216.
6. Методические указания по технологии окультуривания и сельскохозяйственного использования выработанных торфяников. Л., 1987. 36 с.
7. Инишева Л.И., Дементьева Т.В., Савичева О.Г. и др. К вопросу об использовании выработанных торфяных почв Западной Сибири // Антропогенная деградация почвенного покрова и меры ее предупреждения: Тез. и докл. Всерос. конф. М., 1998. Т. 2. С. 74–76.
8. Hofmann Ed., Seegerer A. Der Fermentgehalt des Bodens als Masstab seiner biologischen Aktivitat. Biochem. Z., 1950, Bd. 321. S. 98–106.
9. Hofmann E. Ёber die Rolle der Enzyme bei Humusbildung. Z. Pfl. Dung., Bodenk., 1955, 69. № 1–3. S. 165–172.
10. Пейве Л.В. Биохимия почв. М., 1961. 433 с.
11. Купревич В.Ф., Щербакова Т.А. Почвенная энзимология. Минск, 1966. 275 с.
12. Купревич В.Ф. Почвенная энзимология. Минск, 1974. 402 с.
13. Галстян А.Ш. Ферментативная активность почв Армении // Сб. тр. Вып. VIII. Ереван, 1974. 275 с.
14. Рунков С.В. Ферментативная активность осушенных торфяных болотных почв в связи с их агрохимическими свойствами. Дисс... канд. сельскохозяйственных наук. Горький, 1978. 170 с.
15. Хазиев Ф.Х. Системно-экологический анализ ферментативной активности почв. М., 1982. 200 с.

16. Щербакова Т.А. Ферментативная активность и трансформация органического вещества. Минск, 1983. 221 с.
17. Тейт Р. Органическое вещество почвы: Биологические и экологические аспекты. М., 1991. 400 с.
18. Галстян А.Ш. К оценке биологической активности почв // Тез. докл. V Всесоюз. съезда почвоведов, 11–15 мая 1977 г., г. Минск. Минск, 1977. С. 201–202.
19. Славнина Т.П., Инишева Л.И. Биологическая активность почв Томской области. Томск, 1987. 216 с.
20. Щербакова Т.А. Использование ферментативных методов при изучении трансформации органического вещества в почвах естественных фитоценозов и агрофитоценозов // Биологическая диагностика почв. М., 1976. С. 317–318.
21. Ивлева С.Н. Ферментативная активность маломощных торфяных почв // Химизация сельского хозяйства. 1992. № 3. С. 68–72.
22. Ефремова Т.Т. Формирование почв при естественном облесении осушенных болот. Новосибирск, 1975. 125 с.
23. Лупинович И.С., Голуб Т.Ф. Торфяно-болотные почвы и их плодородие. Минск, 1958. 315 с.
24. Рунков С.В., Козловская Н.А., Фузина В.Н. Некоторые данные о каталазной активности верховых и низинных торфяных болот // Агрохимия. 1978. № 3. С. 108–112.
25. Галстян А.Ш., Варданян Т.Т. Изучение биологической активности торфа // Известия АН Арм. ССР. Биол. науки, 1960. Т. 13. № 2. С. 77–83.
26. Ефремова Т.Т. Регрессионный анализ окислительно-восстановительного потенциала и активности ферментов в осушенных почвах // НДВШ. Биол. науки, 1978. № 5. С. 115–121.
27. Мелентьева Н.В. Почвы осушенных лесных болот. Новосибирск, 1980. 128 с.
28. Артемьева Т.И., Некрасова К.А., Вертоградская И.А. и др. Биологическая активность выработанных торфяников на первых этапах их окультуривания // Почвенная фауна и биологическая активность осушенных и рекультивируемых торфяников. М., 1980. С. 83–101.
29. Широких А.А. Микрофлора и биологическая активность выработанных торфяников в процессе их сельскохозяйственной рекультивации. Автореф. дисс. ... канд. биол. наук. Минск, 1990. 21 с.
30. Широких А.А., Вертоградская И.А. Биологические аспекты трансформации органического вещества выработанных торфяников // Торфяная промышленность. 1992. № 2. С. 26–27.
31. Инишева Л.И., Боровкова А.Ф., Аристархова В.Е. и др. Биологическая активность выработанных торфяных почв // Торф в сельском хозяйстве: Сб. науч. тр. Томск, 1997. С. 89–97.

32. Потапова С.С. Изменение гумусного и биохимического состояния торфяников низинного типа при первичном освоении. Автореф. дисс. ... канд. биол. наук. Новосибирск, 1997. 17 с.
33. Классификация почв России / Сост.: Л.Л. Шишов, В.Д. Тонконогов, И.И. Лебедева. М., 2000. 235 с.
34. Ladd J.N., Buttler J.H.A. Short-term assays of soil proteolytic enzymes activities using proteins and dipeptide derivatives as substrates // Soil Biol. and Biochem. 1972. Vol. 4. P. 19–30.
35. Круглов Ю.В., Пароменская Л.Н. Модификация газометрического метода определения каталазной активности // Почвоведение. 1966. № 1. С. 93–95.
36. Карягина Л.А., Михайлоуская Н.А. Вызначэнне актыгунасці поліфенолаксідазы і пероксидазы у глебе // Весці АН БССР. Серыя сельска-гаспадарчых наук. 1986. № 2. С. 40–41.
37. Савичева О.Г., Инишева Л.И. Биологическая активность торфяных болот // Сибирский экологический журнал. 2000. № 5. С. 607–614.
38. Зверков Ю.В. Вторая жизнь торфяников. Киров, 1982. 80 с.
39. Савичева О.Г. Активность каталазы в торфах // Торф и сельское хозяйство: Сб. науч. тр. Томск, 1994. С. 47–55.
40. Туев Н.А. Микробиологические процессы гумусообразования // ВАСХНИЛ. М., 1989. 239 с.
41. Чундерова А.И. Активность полифенолоксидазы и пероксидазы в дерново-подзолистых почвах // Почвоведение, 1970. № 7. С. 22–28.
42. Гулько А.Е., Хазиев Ф.Х. Фенолоксидазы почв: продуцирование, иммобилизация, активность // Почвоведение, 1992. № 11. С. 55–67.
43. Мишустин Е.Н., Никитин Д.И. Атакуемость гуминовых кислот почвенной микрофлорой // Микробиология. 1960. Т. 30. № 5. С. 841–848.
44. Верзилина Н.Д. Влияние полевых культур и их корневых остатков на активность окислительно-восстановительных ферментов почвы // Научные основы совершенствования современных систем земледелия. Сб. науч. тр. ВГАУ. Воронеж, 1997. С. 150–158.
45. Масько А.А., Щербакова Т.А., Галушко Н.А., Кленецкая И.А. О характере иммобилизации полифенолоксидазы почвой // Почвоведение. 1992. № 5. С. 60–65.

ОСНОВНЫЕ ЧЕРТЫ БОЛОТНЫХ ЭКОСИСТЕМ ТУЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ

Е.М. Волкова, О.В. Бузова

Тульский государственный педагогический университет им. Л.Н. Толстого,
г. Тула, convallaria@mail.ru

Болота являются уникальными экосистемами, выполняющими в природе ряд важнейших функций. Они участвуют в глобальном цикле круговорота углерода, сохранении биологического разнообразия, регуляции гидрологических процессов. Оценка значимости болот конкретных регионов в выполнении присущих им функций возможна только на основе детального анализа всех составляющих этих экосистем: флоры, растительности, стратиграфии, физико-химических свойств торфяной залежи и др. Наиболее изученными являются регионы, характеризующиеся высокой заболоченностью [1, 2]. Сведения о болотах, занимающих менее 1–3 % площади регионов, весьма немногочисленны. К таковым и относится Тульская область, расположенная на северо-восточном склоне Среднерусской возвышенности, в лесостепной ландшафтной зоне.

Климат области умеренно континентальный, характеризующийся умеренно холодной зимой и теплым летом. Географическое положение вызывает развитие отчетливой климатической асимметрии, которая приводит к тому, что все основные климатические показатели закономерно сменяются с северо-запада на юго-восток. В данном направлении происходит увеличение среднемесячных температур января (от –11 до –9.50 °С) и июля (от +18.5 до +20.0 °С), а также снижение количества выпадающих осадков (от 650 до 450 мм).

Рельеф на территории области представляет собой пологоволнистую равнину, сильно рассеченную речными долинами и разветвленной овражно-балочной сетью. В северной части области преобладают долины постоянных и временных водотоков. Абсолютные отметки поверхности этих элементов рельефа составляют 110–150 м, а на водоразделах достигают 200–230 м. Южная и юго-восточная части области характеризуются наиболее высокими отметками, значения которых достигают 240–280 м.

В геологическом отношении область расположена в центральной части Русской платформы, кристаллический фундамент которой сложен гнейсами и гранитами. Мощный чехол осадочных пород нарастает с юга на север и северо-восток (от 850 до 1500 м). Наиболее значимыми в рамках данной работы являются четвертичные отложения плейстоценового возраста, послужившие субстратом для болотных отложений. К таковым на территории области относятся моренные

отложения и покровные суглинки, перекрывающие чехлом водораздельные пространства. Следует отметить, что на водоразделах, а также в днищах овражно-балочной сети часто развиваются карстовые явления, проявляющиеся в образовании полостей в легкорастворимых породах и последующем проседании сводов и залегающих выше пород. В рельефе карст диагностируется в виде воронок округлой формы различного диаметра и глубины [3].

Все рассмотренные особенности обуславливают своеобразие болотообразовательного процесса в регионе.

Анализ картографического материала позволяет утверждать, что болота занимают менее 1 % территории Тульской области. По данным Всероссийского геологического фонда (на 1991 г.) разведано 112 торфяных месторождений (включая 21 разработанное т.м.) общей площадью 1443.7 га с запасами торфа 4472.6 тыс. т. Следует отметить, что эти данные не являются окончательными, поскольку нами в ходе обследований дополнительно выявлено около 20 торфяных болот. Отдельно рассматриваются заболоченные земли, занимающие площадь более 950 га и характеризующиеся наличием озерных отложений или слоя торфа менее 30 см.

Болота области различаются по размерам, значения которых варьируют от 0.5 до 200 и более гектар. Преобладают болота площадью более 10 га (включая мелкозалежные и высокозольные), составляющие 70 % от общей площади болот.

В соответствии с районированием болот, проведенным М. Боч и В. Мазингом [4], территория Тульской области располагается в среднерусской провинции зоны низинных осоковых и тростниковых болот, а на севере граничит с восточноевропейской провинцией зоны сосново-сфагновых и низинных травяных болот.

Большая часть болотных экосистем приурочена к поймам рек, террасам и оврагам. На водораздельных участках болота образуются в воронках карстового и карстово-суффозионного происхождения. В соответствии с этим, различают водораздельные (карстовые), пойменные, притеррасные и овражные болота.

Формирование болотных экосистем области началось в голоцене, поскольку возраст придонных образцов не превышает 10 тыс. лет. Последующее развитие торфяников обусловлено рельефом, характером подстилающих пород и водно-минеральным питанием. На севере и северо-западе области встречаются как эвтрофные, так мезо- и олиготрофные по характеру растительности болота. Примером последних являются сосново-кустарничково-травяно-сфагновые и сосново-сфагновые болота, сформированные на песках. На юге и юго-востоке области болота практически отсутствуют, что связано с близким

залеганием коренных известковых пород и волнистым, изрезанным сетью дренирующих оврагов, рельефом.

Наличие мелких речек и ручьев, характеризующихся медленным течением, а также хорошо разработанных долин более крупных рек обусловило формирование пойменных болот, которые занимают обширные территории. Наиболее часто такие экосистемы встречаются в северной и северо-западных частях области. Площадь самых крупных пойменных торфяников варьирует от 20 (т.м. Каньшино) до 260 га (т.м. Гремячее, Ленинский район). Торфяные отложения характеризуются высокой степенью разложения (40–55 %) и зольностью (25–35 % и выше). В строении залежи преобладают тростниково-топяные и тростниково-лесные виды торфа. В растительном покрове таких болот доминируют разнотравные (разнотравно-злаковые и разнотравно-осоковые) фитоценозы. Притеррасные и овражные болота имеют весьма сходную структуру.

На водоразделах, как было указано выше, формируются карстовые болота. Основными особенностями таких болот являются: небольшая площадь (0.5–5 га), специфическая (округлая или овальная) форма, большая глубина (4–5 м). В торфяной залежи отмечены гипново-осоковые, гипново-сфагновые и сфагновые виды торфа. Растительный покров сформирован древесно (березово)-разнотравно-сфагновыми, разнотравно-осоково-сфагновыми и осоково-сфагновыми фитоценозами.

Следует отметить, что фитоценотическое разнообразие связано с флористическим составом растительных сообществ. Современная флора болот области насчитывает (по предварительным оценкам) 211 видов [5], что составляет 15 % всей флоры нашего региона. В систематическом спектре флоры споровые растения (Папоротникообразные, Хвощовые и Плауновые) составляют 5.7 %, а Голосеменные – 0.5 %. Доминируют представители Покрытосеменных (93.8 %), среди которых наиболее многочисленными являются семейства Осоковые (17.5 %) и Злаковые (9.5 %). Такой спектр является типичным для бореальной флоры [1].

При анализе географической структуры болотной флоры показано преобладание бореальных голарктических элементов. В фитоценотическом спектре доминируют болотные виды (44.5 %).

Следует отметить, что на болотах произрастают охраняемые (вид «Красной книги РФ» – меч-трава обыкновенная) и редко встречающиеся на территории области виды растений. К последним относятся ужовник обыкновенный, гроздовник полулунный, плауны (годичный и булавовидный), ряд орхидных (дремлик болотный, лосняк Лезеля и др.), багульник, голубика, подбел или андромеда, росянки (круглолистная и английская), пушицы (стройная и широколистная), очеретник белый, шейхцерия болотная, некоторые осоки (расставленная, шаровидная, топяная, поздняя) и другие.

Торфообразователями являются также мохообразные. Однако до настоящего времени масштабного изучения бриофлоры области не проводилось, и имеются лишь единичные сведения о флоре мхов отдельных болот.

Изучение болот, расположенных в окрестностях г. Тулы, позволило выявить 3 вида Печеночных и 49 видов Листостебельных мхов. В систематическом спектре доминирующими являются семейства Сфагновые (11 видов), Брахитецыевые (8), Амблистегиевые (6), Дикрановые (4) и Политриховые (4), составляющие 63.4 % бриофлоры. Среди выявленных видов большинство относится к бореальной группе. По фитоценотической приуроченности преобладающими на болотах являются лесные мхи (75.5 %). Болотные виды составляют 22.4 % (11 видов).

Характер растительного покрова и особенности строения торфяной залежи определяют направления использования болот. В первую очередь, следует отметить, что высокая продуктивность, обусловленная флористическим и фитоценотическим разнообразием, позволяют использовать болота и заболоченные земли в качестве сенокосных угодий, а низинный тип залежи определяет возможность использования торфа на топливо и в качестве удобрений. Добыча торфа для этих целей была особенно интенсивной в 30–40-е гг. В этот период она увеличилась с 700 т. в 1938 г. до 44253 т. в 1944 г. Торф использовался в основном на топливо, хотя высокая зольность (более 35 %) не является характеристикой высококачественного сырья для такого производства. Этот же параметр определяет незначительную ценность торфа и в качестве удобрений. Оптимальным является его использование в виде компостов с другими органическими и минеральными удобрениями [6].

Следует отметить, что на территории области комплексное обследование свойств торфяной залежи и растительного покрова болот не проводилось, и потому отсутствуют научно обоснованные рекомендации по их использованию. Разработка таких рекомендаций должна основываться не только на запросах сельского хозяйства, но и на выявлении роли болот в сохранении биологического разнообразия региона. Наличие редких видов растений и животных, особенности состояния их популяций должны являться критериями, определяющими возможность дальнейшего использования болотных экосистем.

Данная работа выполнена при поддержке РФФИ (грант регионального конкурса 2002 г. «Центр» № 02–04–96011).

Литература

1. Боч М.С., Смагин В.А. Флора северо-запада России и принципы их охраны. СПб., 1993. 223 с.

2. Косов В.И., Панов В.В. Торфяно-болотные системы в экосфере (интеграция техносферы с биосферой). Тверь, 2001. 186 с.

3. Дымов В.С., Сычев А.И., Гуркин В.В и др. // Недр Тульской области. Тула, 2000. 124 с.

4. Боч М.С., Мазинг В.В. Экосистемы болот СССР. Л., 1979. 189 с.

5. Шереметьева И. С. Флора тульской области. Автореф. дис. ... канд. биол. наук. М., 1999. 21 с.

6. Лиштван И.И., Король Н.Т. Основные свойства торфа и методы их определения. Минск, 1975. 235 с.

ВЛИЯНИЕ ПРИРОДНЫХ И АНТРОПОГЕННЫХ ФАКТОРОВ НА ЗАБОЛАЧИВАНИЕ ДЕЛЬТЫ СЕЛЕНГИ

О.В. Гырылова

Байкальский институт природопользования СО РАН, г. Улан-Удэ,
ouna2001post@mail.ru

Байкал – одно из уникальных озер мира. В нем сосредоточено более 80 % пресных вод России. В последние годы, в связи с приданием озеру статуса Участка Мирового наследия и принятием Закона об охране озера Байкал, проблема сохранения природных комплексов в их естественном состоянии вышла в ряд приоритетных. В рамках разработки стратегии защиты Байкала огромное беспокойство вызывает состояние реки Селенга, одного из крупных притоков Байкала, формирующих химический состав его вод. На ее долю приходится около 50 % всего речного стока водосборной площади. Бассейн р. Селенга подвергается наибольшему хозяйственному освоению (90 % орошаемых земель республики), вследствие чего река служит одним из главных источников поступления в озеро загрязняющих веществ. Помимо интенсивной антропогенной нагрузки со стороны сельскохозяйственных предприятий рассматриваемый район расположен в зоне непосредственного влияния промышленных узлов Республики Бурятия и Иркутской области в пределах Российской Федерации (в пределах Монголии – 67 % площади водосбора р. Селенги). Одним из ключевых компонентов жизнеобеспечения Байкала является экосистема дельты р. Селенги. Дельта р. Селенги представляет собой обширную луговую равнину, разделенную многочисленными протоками, старицами, озерами, крупнейшими из которых являются Истокский, Дубининский соры и залив Провал. Это довольно значительная территория, дугообразно выгнутая за пределы береговой линии Облом – Боярск. Ширина этого выступа от 50 до 70 км, а длина с севера на юг – около 100 км. Площадь равна 4000 км². Ежегодно дельта растет на 60–70 м/г.

Дельту реки Селенга рассматривают и исследуют как естественный биогеофильтр и индикатор современного экологического состояния озера. Данный подход обусловлен тем, что разнообразные геологические, геохимические процессы, вызванные высоким содержанием кислорода в водах Байкала, обилием болот, лугов, сором, контактом речных и болотных вод с водами Байкала и т.д. благоприятствуют возникновению геохимических барьеров и барьерных зон, концентрации на них химических элементов. Выделены две главные зоны: 1) дельтовая водно-лугово-болотная, в которой происходит фильтрация вод и концентрация химических элементов и их соединений; 2) прибрежная планктонно-водорослевая, в которой сконцентрировано высокое количество биомассы, способной вовлечь в биологический круговорот вещества, привносимые Селенгой в Байкал [1]. Также дельта сама может служить источником некоторых веществ, как следствие различных внутриводоемных процессов. Следовательно, без изучения болотных систем невозможно доказать или опровергнуть защитную и очищающую роль дельты Селенги в системе взаимодействия озеро-река.

Ландшафты дельты р. Селенга расположены в Усть-Селенгинской впадине Байкальской рифтовой зоны и в пределах одноименного артезианского бассейна термальных и метановых вод. Здесь в течение геологического времени происходило накопление потенциальной энергии в лигнитах, нефти, углеводородных газах, торфах, которая активно используется современными экосистемами [1]. Усть-Селенгинская впадина расположена на юго-восточном берегу озера Байкал. С юга она ограничена хребтом Хамар-Дабан, с востока – отрогами Морского хребта, на северо-западе открыта в сторону озера Байкал. Эта депрессия представляет собой опускающийся участок юго-восточного берега оз. Байкал. Наиболее интенсивно опускаются блоки в дельте р. Селенга вдоль разлома северо-восточного простираения и в районе Калтусного прогиба [2].

Болотные экосистемы являются характерными элементами ландшафтов впадин, примыкающих к Байкалу [3]. Районом господства болотных ландшафтов является также и Усть-Селенгинская впадина. Наиболее пониженные участки впадины сильно заболочены: дельта Селенги, Калтусный прогиб и др. Общая площадь затопления в районе дельты Селенги составила более 500 км². В переувлажнении земель участвует сложный комплекс природных факторов, а также инженерная деятельность человека [4].

Итак, одним из ярких проявлений природных процессов, происходящих в придельтовой части р. Селенги, является заболачивание низинных участков. В дельте Селенги и в районе Калтусного прогиба уро-

вень грунтовых вод поднимается до 0.5–2 м. Здесь, вследствие подъема грунтовых вод во время высокого стояния уровня Байкала, возникают многочисленные озера и заболоченные участки, служащие средой для образования торфяников и илистых глин. В настоящее время торфяниками мощностью 0.5–5.0 м покрыта почти вся заболоченная территория. Кроме того, торфяники, илы, глины, образовавшиеся в болотных условиях, промерзая зимой на глубину 1.5–2.0 м очень долго оттаивают и тем самым ухудшают инфильтрацию поверхностных вод снеготаяния. Коэффициенты фильтрации торфяников весьма низкие—0.1–1.01 м в сутки. Обладая значительной пористостью (76–90%), они впитывают в себя большое количество воды и очень медленно ее отдают. Во время осеннего подпора в дельте реки Селенги происходит всплывание отдельных крупных участков торфяников [2].

Повсеместно под торфяниками залегают тяжелые грунты — глины, суглинки, илы; мощность их колеблется от 2 до 10 м. Под ними вскрываются хорошо промытые песчано-гравийные отложения с коэффициентом фильтрации 7–20 м в сутки. Воды этих отложений обладают напором до 4–6 м и участвуют в питании болот, разгружаясь вверх через «окна» в водонепроницаемых породах кровли.

Определяющее влияние на процессы заболачивания грунтов оказывает артезианские воды неогеновых отложений, особенно в дельте реки Селенга, где очаги их разгрузки фиксируются по таликам в ледяном покрове Байкала. Отсутствие многолетней мерзлоты обуславливает тесную связь поверхностных вод Селенги с подземными (гидрокарбонатные калиево-натриевые с минерализацией 0.3 г/л³), таким образом вовлекая их в процесс болотообразования.

В Калтусном прогибе уровень подземных вод залегает на глубине 0.0–1.0 м, что ведет к наиболее интенсивному процессу заболачивания (заболоченный массив между селами Посольск и Закалтус). До минимальных отметок он опускается в феврале-марте, когда поверхностное питание вод практически отсутствует.

Совокупность вышеотмеченных условий благоприятствует образованию в Усть-Селенгинской впадине, главным образом, низинных болот, питающихся в основном грунтовыми, делювиальными и аллювиальными водами, богатыми минеральными солями. Почвенный покров на таких болотах представлен торфяно-глеевыми (мощностью 0.3–0.5 м), торфяными маломощными (0.5–1.0 м) и торфяными среднеспособными 2.0–91.0 м почвами. Например, здесь расположено одно из крупнейших в Прибайкалье Посольское болото. Оно имеет площадь 250 тыс. га, занимает древнюю долину Селенги, которую река покинула после опускания местности к северу. Болото состоит из основного массива, вытянутого с запада на восток, длина которого 22.5 км, шири-

на от 6 до 12 км, и ответвляющейся от его северо-восточной окраины сравнительно узкой (2–2.5 км шириной) полосы, вытянутой в северо-западном направлении и заканчивающейся в долине речки Шумихи. На территории болота рассеян ряд озер: Долгое, Никитино, Сосновое и другие. В годы, богатыми осадками, вся поверхность торфяника, за исключением его приподнятых краев, покрыта слоем воды в 5–40 см. Мезотрофные и олиготрофные участки здесь имеют ограниченное распространение. Характерной является осоковая группа формаций, где в роли эдификаторов выступают осока двухтычинковая, осока придатковая, осока волосистоплодная. Ландшафтообразующую роль играют также осоково-зеленомошные группы формаций, приуроченные к топям [3].

Наблюдения за режимом подземных вод в районе придельтовых болот свидетельствует о тесной связи их уровней с атмосферными осадками и поверхностными водами, а также с уровнем Байкала.

Из-за ввода Иркутской ГЭС изменился режим подземных вод на участках с неглубоким залеганием и малым уклоном зеркала вод. После подпора со стороны Байкала их уровень поднялся и достиг дневной поверхности. Уклон зеркала грунтового потока (средняя величина 0.003–0.004) уменьшился до 0.00007–0.0005. Ширина полосы, где сказался подпор подземных вод в дельте Селенги, оценивается в 5–7 км и более. Максимальный подъем уровня подземных вод в дельте (протока Галутай) составил 1.05 м. Уменьшение уклона зеркала грунтовых вод в совокупности с низкими значениями коэффициента фильтрации пород верхних слоев затрудняет разгрузку подземного потока. Вызванное этим длительное высокое стояние уровня грунтовых вод способствует сильному переувлажнению грунта и прогрессированию процесса заболачивания. Все это приводит к отмиранию луговой растительности и постепенному образованию широких и заболоченных участков с торфяниками, а также к заболачиванию пахотных земель и снижению урожайности зерновых культур. В связи с работой Иркутской ГЭС с 1962 года размыв и разрушение берегов в районе Сухая составили 52.6 м, Посольск — 39.7–54.0 м.

На изменение природной среды придельтовой части Селенги, после подъема уровня воды Байкала, оказали процессы заиления русла Селенги. Селенга заметно снизила скорость течения, и русло стало заиливаться в своей устьевой части, не обеспечивая быстрый сброс паводковых вод в озеро, способствуя затоплению сельскохозяйственных угодий. Необходимо также учитывать реки, стекающие с северного склона Хамар-Дабана (Еловка, Тимлой, Никитикина и т.д.). Особенностью их гидрологического режима является резкая потеря скорости при выходе в долину Селенги. Их русла здесь слабо выработаны и доля участия в заболачивании Калтусных болот велика. Снижение скорости течения рек способствует усилению процессов заболачивания низинных участков.

Весь облик современного агроландшафта обусловлен активностью склоновых процессов и заболачиванием, реже золовой деятельностью песков. К наиболее низким заболоченным участкам приурочены иловато-торфянистые и реже торфянистые отложения с болотами с травянистым и травяно-моховым покровом. Здесь в засушливые периоды пасется скот. Пойменные луга, занятые торфами и илами, после обильных дождей становятся непроходимыми и усложняют выпас скота и проведение сенокосных работ [5].

Литература

1. Раднаев Б.Л., Тайсаев Т.Г., Гончиков Ц.Д. Характер территориальной дифференциации хозяйственной нагрузки на природную среду бассейна Селенги // Вестник БГУ. Улан-Удэ. 1998. Сер. 3: География. Геология. Вып. 2. С. 193–201.
2. Адушинов А.А. Гидрогеологические условия заболоченных земель Усть-Селенгинской впадины // Гидрогеологические проблемы мелиорации земель Бурятии. Улан-Удэ. 1976. С. 27–35.
3. Хандуева В.Д. Изменение природной среды дельты реки Селенги // Сборник молодых ученых. Улан-Удэ. 1998. Вып. 1. С. 91–97.
4. Иметхенов А.Б. Современные экзогенные процессы юго-восточного Прибайкалья и их влияние на гидромелиоративное строительство // Водная мелиорация земель Бурятии. Улан-Удэ, 1979. С. 94–104.
5. Ляхова И.Г., Косович Е.И. Болота Прибайкалья и их природоохранное значение // Уникальные объекты живой природы бассейна Байкала. Новосибирск, 1990. С. 134–150.

К ВОПРОСУ О ЗАПОВЕДАНИИ ЧАСТИ ВАСЮГАНСКОГО БОЛОТА

А.Э. Езупенок

Красноярский государственный педагогический университет, г. Красноярск

Болота – неотъемлемый элемент ландшафтов лесной зоны. Они сформировались на переувлажненных участках земной поверхности, обладающих рядом гидрологических, флористических, геологических и физико-химических особенностей.

Отличительная гидрологическая особенность болота – это постоянное или периодическое продолжительное переувлажнение почвогрунтов сверх их полной влагоемкости; флористическая – преобладание закономерно распределенной болотной растительности, приспособившейся к обильному увлажнению, недостаточной аэрации корнеобитаемого слоя почвы, а в ряде случаев – к повышенной кислотности

и почти полному отсутствию минерального питания. Геологическая и физико-химическая особенность заключается в ослаблении распада органического вещества отмирающих растений и торфообразования, которое по своей природе является почвенным процессом. С болотами тесно связаны существование специфической фауны, которая находит себе убежище и сохраняется [1–4]. Поэтому вопрос об охране части болот у большинства исследователей не вызывает дискуссий.

До настоящего времени критерии выбора охраняемых территорий болот России еще недостаточно полно разработаны, так как до сих пор не существует общепринятой системы для их оценки. В Западной Сибири, представляющей географический феномен необычайного широкого распространения болот, проблема выделения болот в охраняемый фонд имеет особое значение.

Одним из таких объектов, предложенных для заповедания является центральная часть Васюганского болота, занимающая около 30 % (230 тыс. га) его площади.

Выделение особо охраняемых природных территорий непосредственно по признакам болотных ландшафтов отмечается только в Томской области [5]. Наименьшей единицей экосистемы должен считаться не отдельный массив, а площадь его водосбора, где учитываются не только ландшафт, но и межландшафтные связи. Оптимальная площадь природоохранной болотной систем – площадь, ограничиваемая их поверхностными и подземными водосборами. При таком принципе выделения и определения границ охраняемых болотных территорий обеспечиваются целостность, достаточная обособленность, хорошая изолированность и устойчивость к нежелательным антропогенным изменениям даже в случаях нарушения естественных условий на сопредельных с ними территориях [6].

Объект для заповедания должен быть рассмотрен и с позиции его возможного использования. Таким образом, задачей исследования поставлено обоснование данной территории с позиций рационального природопользования, в том числе и возможного заповедания.

Территория полностью расположена в пределах южной части Бакчарского района Томской области. Южная граница протягивается вдоль границы с Новосибирской областью; на северо-западе граничит с Парабельским районом Томской области. Восточная граница проходит в районе верхнего течения р. Бакчар и южнее – до верховья р. Икса.

В геолого-геоморфологическом отношении территория планируемого заповедания располагается в центральной части Васюганского плато и представляет собой плохо дренированную переувлажненную равнину, сложенную флювиогляциальными и озерно-аллювиальными осадками среднечетвертичного возраста, мощностью до 60 м [7, 8].

По характеру рельефа исследуемая территория планируемого заповедания представляет собой плоское или слабовсхолмленное плато по склону лежащее на высоте 111–149 м, образуя от главного водораздела 3 ступени. Каждая ступень характеризуется постоянством присущих ей отметок. Исследуемая же площадь относится к 3-й ступени – так называемому Бакчарскому куполообразному поднятию, отметки поверхности которого находятся в пределах 142–149 м [8].

Вся территория планируемого заповедания имеет высокую обводненность, а на больших площадях имеются участки полной непроходимости. Здесь сосредоточены истоки рек, которые относятся к бассейну реки Обь: Бакчар, Икса, Тетеренка, Галка, Андарма, Парбиг, Кенга. Кроме того, эта территория характеризуется большим количеством озер, которые распространены, главным образом, на водоразделах рек, в углублениях или котловинах на болоте – участках грядово-озерного и грядово-мочажинного комплексов. Это озера вторичного происхождения и находятся на площадях, имеющих максимальные отметки рельефа. Озера по площади небольшие 5–10 га, сливающиеся друг с другом непрерывной цепью протоками иногда образующие сплошные водные пространства. Их глубина составляет 0.8–1.5 м. С южной стороны, на низинных участках отмечены озерокотловины, происхождение которых реликтовое: озеро Редино, Б. Белое, Ср. Белое, М. Белое, оз. Таргач и Иксинская группа озер. Площадь их колеблется от 50 до 270 га. Берега у них низкие заторфованные, заросшие густой осокой и тростником, глубина их от 3 до 7 м [8].

На исследуемой территории планируемого заповедания встречаются все типы торфяных залежей: верховая, низинная, переходная, смешанная. Преобладающими типами залежи являются низинная – 43.6 % и верховая – 33 % от всей площади участка планируемого заповедания.

Среди низинного типа залежи преобладающей является низинная топяно-лесная, которая занимает всю юго-восточную часть водораздела Чузык-Кенга и южный участок водораздела Парбиг-Андарма. Среди верхового типа залежи доминирует верховая фускум-залежь, которая залегает на крупном массиве юго-восточной части территории заповедания в верховьях рек Андарма, Галка, Тетеренка. Меньшую площадь на исследуемой территории занимает переходный и смешанный типы залежи. Среди переходного типа залежи превалирующей является переходная топяная, смешанной – смешанная топяная.

На основании наших расчетов на территории планируемого заповедания имеется 783364.4 тыс. т. торфа (при 40 % влажности). Из них наибольшими запасами торфа характеризуются залежи низин-

ного типа – 296393 тыс. т. и верхового типа – 162323.8 тыс. т. Запасы торфа в переходных и смешанных типах залежей составляют 56115 тыс. и 38575 тыс. т. соответственно.

Таким образом, на данном этапе исследований выявлены геоморфологические, геологические, гидрологические особенности территории планируемого заповедания. В дальнейшем будет продолжена работа по оценке сырьевых запасов части Васюганского болота, предложенной для заповедания.

Работа выполнена под руководством чл.-корр. РАСХН Л.И. Инишевой.

Литература

1. Боч М.С., Мазинг В.В. Экосистемы болот СССР. Л., 1979. 188 с.
2. Гельтман В.С. Лесотипологический комплекс как основная единица лесорастительного районирования // Ботаника. Исследования Минск. 1973. Вып. 15. С. 6–15.
3. Мазинг В.В. Влияние человека на экосистемы верховых болот Эстонской ССР // Антропоустойчивость наземных биоценозов и прикладная экология. Таллин, 1977. С. 33–35.
4. Кузьмин Г.Ф. К вопросу об охране болот лесной зоны // Болота охраняемых территорий: проблемы охраны и мониторинга: Тез. докл. XI Всесоюз. полевого семинара-экскурсии по болотоведению. 25–30 августа 1991 г. Л., 1991. С. 19–20.
5. Семенова Н.М. Охрана болотных ландшафтов в Западной Сибири // Торф в народном хозяйстве, 1991. С. 20–22.
6. Предтеченский А.В., Скобелева Е.И. Требования к материалам поиска и разведки торфяных месторождений по стадиям, определяющим возможности их подбора для сохранения в естественном состоянии // Методы изучения болот и их охрана. Вильнюс, 1986. С. 58–62.
7. Олюнин В.Н. Особенности строения Васюганского и приобского плато // Природные условия и особенности хозяйственного освоения северных районов Западной Сибири. М., 1969. С. 19–30.
8. Отчет о предварительной разведке Восточного участка II очереди торфяного месторождения «Васюганское», расположенного в Томской и Новосибирской областях: Кн. 1. Горький, 1968. 156 с.

СОДЕРЖАНИЕ МАКРО-МИКРОЭЛЕМЕНТОВ В ТОРФАХ ОЛИГОТРОФНОГО БОЛОТА

Е.Э. Езупенко

Томский государственный педагогический университет, г. Томск,
itor@petrol.tomsk.ru

Болотообразование на территории Западной Сибири приобрело настолько широкие масштабы, что превратилось в важнейший средообразующий фактор, контролирующий и геохимическую обстановку, и направленность геохимических процессов. В процессе торфообразования торфяные залежи консервируют углерод, золообразующие, и микроэлементы. Торфа в отношении микроэлементного состава изучено еще недостаточно полно, особенно это касается западносибирских торфов. Имеющиеся сведения о накоплении химических элементов в торфах Западной Сибири отражают в основном их среднее содержание в различных видах торфов [1–3]. Работ по исследованию полного профиля торфяных залежей в настоящее время крайне мало.

Цель работы – изучить содержание макро-микроэлементов олиготрофного болота на территории трансект-катены.

В качестве элементарной структурной единицы болотных ландшафтов для изучения содержания химических элементов использовалась геосистемная модель – трансект-катена. Она расположена в отрогах болотного массива Васюганского болота на междуречье рек Икса и Бакчар и представляет собой профиль последовательно сопряженных ландшафтов олиготрофного ряда в направлении от элювиальной к транзитной и аккумулятивной позициям.

Элювиальная часть трансект-катены представлена торфяной залежью мощностью 270 см. Верхний слой (глубина 0–100 см) представлен верховым сфагново-мочажинным торфом слабой степени разложения (R) – 5 %. Далее следует переходный слой (глубина 100–200 см), сложенный осоково-сфагновым торфом (R до 55 %). В основании залежи на глубине 200–270 см залегает пласт низинного торфа древесного и папоротникового видов.

Транзитная часть трансект-катены расположена в средней части склона и представлена торфяной залежью мощностью 300 см. Верхняя часть залежи до глубины 150 см представлена двумя видами верхового торфа слабой степени разложения (до 5 %): фускум и магелланикум. Далее располагается тонкая прослойка переходного пушицево-сфагнового торфа со степенью разложения (до 45 %). Залежь на глубине 250–300 см представлена слоем низинного травяного торфа со степенью разложения 20 %.

Аккумулятивная часть трансект-катены представляет собой окраину верхового водораздельного массива. Торфяная залежь имеет мощ-

ность 100 см и сложена сверху вниз переходным торфом высокой степени разложения. Верхняя часть залежи на глубине 0–25 см представлена осоково-пушицевым видом торфа (R до 55 %), затем идет мощный пласт древесно-пушицевого торфа (R до 60 %).

В геолого-геоморфологическом отношении исследуемая территория принадлежит к южно-таежной озерно-аллювиальной равнине Бакчар – Иксинского междуречья. В строении мезозойско-кайнозойского чехла принимают участие: континентальные нерасчлененные и верхнемеловые отложения (покурская свита), верхнемеловые континентальные отложения (симоновская свита); прибрежно-морские отложения и отложения четвертичной системы (тобольская, смирновская свиты, ширтинский и тазовский объединенный горизонт, а также аллювиальные отложения III, II и I р. террас р. Бакчар и ее поймы – нерасчлененные покровные делювиальные и современные озерно-болотные отложения. Современные озерно-болотные отложения широко развиты как на водоразделах, так и локально на поверхности террас и поймы. Отложения болот представлены торфом, которые подстилаются плотными водонепроницаемыми глинами. В основании озерно-болотные отложения имеют слой мощной сильно илистой темно-серой гумусированной глины, иногда содержащей раковины пресноводных моллюсков [4].

Для изучения элементного состава на каждой части катены отбирались образцы из торфа с интервалом в 25 см до глубины 100 см, далее с интервалом в 50 см до минерального грунта в каждом из указанных пунктах наблюдения. Валовое содержание элементов определено инструментальным нейтронно-активационным анализом в институте ядерной физики (НИИЯФ) при Томском политехническом университете. Определение ботанического состава торфов определялось по ГОСТ 28245–89 [5], степень разложения ГОСТ 10650–72 [5]. Для оценки концентрации химических элементов в торфах исследуемой катены использовали кларки А.П. Виноградова [6].

Рассмотрим содержание элементов в торфах торфяной залежи элювиальной части трансект-катены (таб.). Практически все исследуемые элементы характеризуются нижекларковым содержанием, исключение составляют бром и рубидий содержание которых превышает кларк почв в 12.4 и 1066 раз соответственно. Содержание кальция, стронция и цинка околоскларковое.

Проведем сопоставление средних значений содержания элементов в целом по профилю торфяной залежи с содержанием элементов в торфах России [7], что можно сделать только по трем элементам. Так, в исследуемой торфяной залежи содержание Co в 3 раза меньше, а Sr и Cr в 7 и 1.7 раз соответственно больше по сравнению с их содержанием в торфах России.

Глубина, см	Ботанический состав	R, %	Ca*	Fe*	Zn	Cr	Co	Ce	Sm	Eu	Tb	Yb	La	Br	Hf	Cs	Sc	Sr	Rb	
																				Элювиальная часть
0-50	Сфагн.-мочаж. В	15	0.8	1.0	<5	21.5	4.3	17.8	1.3	0.6	0.1	0.8	6.8	27.9	1.30	1.50	4.7	<50	31	
50-100	Сфагн.-мочаж. В	20	1.8	0.9	68.5	16.5	3.7	7.0	0.58	0.2	0.1	0.3	2.3	54.4	0.49	0.39	1.6	279	13	
100-150	Осок.-сфагн. П	35	2.0	1.0	45.5	15.5	3.8	6.6	0.59	0.2	0.1	0.3	2.6	47.9	0.48	0.79	1.9	188	13	
150-200	Осок.-сфагн. П	55	2.0	1.3	25.6	15	5	5.2	0.38	0.2	0.1	0.3	2.0	80.2	0.39	0.29	1.4	324	10	
200-250	Травяной Н	50	2.6	1.7	11.7	14.3	7.1	2.4	7.50	0.5	0.1	0.2	2.4	83.0	0.51	0.6	1.4	360	3	
250-270	Папоротников Н	55	2.2	1.6	<6	24.4	6.5	7.7	19.2	0.4	0.7	0.7	7.7	77.5	1.40	1.30	4.9	350	26	
Транзитная часть																				
0-50	Фускум-торф В	5	0.9	0.5	124	15.7	1.3	3.8	0.28	0.1	0.09	0.2	1.4	27.6	0.36	0.83	0.8	72	3	
50-100	Медиум-торф В	5	1.7	0.6	130	18.3	1.7	5.4	0.30	0.2	0.07	0.2	2.1	36.4	0.38	0.96	0.9	76	2	
100-150	Медиум-торф В	5	1.9	1.4	5.00	15.9	6.4	14.1	1.10	0.4	0.05	0.4	6.3	68.9	0.86	2.90	0.2	389	33	
150-200	Пушиц.-сф. В	45	1.6	0.7	44.8	18.1	2.4	7.1	0.64	0.3	0.05	0.4	2.7	53.8	0.54	2.20	2.2	262	13	
200-250	Осок.-пушиц. П	45	2.5	1.3	60.0	13.8	3.9	4.0	0.39	0.2	0.04	0.2	2.0	79.5	0.35	1.10	1.1	336	3	
250-300	Травяной Н	20	0.2	0.4	73.8	10.9	1.4	3.9	0.51	0.1	0.07	0.3	3.0	66.6	0.22	0.29	0.8	126	2	
Аккумулятивная часть																				
0-25	Соснов.-пуш. П	50	1.4	1.1	41.4	18.1	2.8	9.9	0.26	0.2	0.17	0.3	3.4	25.2	0.60	2.4	2.4	303	11	
25-50	Древ.-пушиц. П	55	1.3	1.1	6.9	18.1	4.0	9.2	0.23	0.3	0.08	0.4	3.1	40.2	0.65	2.4	2.4	324	14	
50-75	Древ.-пушиц. П	60	2.6	1.5	5.0	18.3	6.2	15.3	1.3	0.4	0.13	0.5	5.5	56.5	0.85	3.0	3.0	320	33	
75-100	Древ.-пушиц. П	60	2.1	1.5	31.0	16.4	5.5	6.1	0.76	0.4	0.03	0.1	3.5	55.5	0.57	2.0	2.0	396	19	
Кларки почв, мг/кг [6]			1.37	4*	50	200	10	56	4.5	-	0.6	9	50	5	1	5	7	300	0.015	

Примечание: * - содержание в %; В - верховой тип торфа; П - переходный тип торфа; Н - низинный тип торфа; R - степень разложения.

Рассмотрим профильное распределение элементов в торфяной залежи элювиальной части трансект-катены. В содержании элементов Cr, Co, Ce, Br, Hf, Sc, Rb, La, Yb, Cs по глубине торфяной залежи отчетливо выделяется максимум в поверхностном слое (0-50 см). Далее, вниз по профилю торфяной залежи отмечается резкое уменьшение содержания вышеуказанных элементов. Так, содержание Sc, Cs, Yb уменьшается в 2.2-2.5 раза; Rb и La в 1.9-1.8; Cr, Tb, Sr - 1.3 раза. И только на глубине 250-270 см, сложенной травяным низинным торфом, контактирующего с подстилающими породами, наблюдается резкое увеличение содержания элементов: Tb и Hf в 4-5 раза; La, Sc - 2.5-2; Co и Yb - 1.8-1.5 раз соответственно.

Таким образом, содержание химических элементов в данном случае обусловлено результатом биологической аккумуляции и эолового привноса в верхнем слое. Увеличение концентрации элементов в нижних горизонтах торфяной залежи - следствие более богатого водно-минерального питания на ранних стадиях их развития. Исключением являются Ca и Fe, содержание которых увеличивается вглубь по профилю, что определяется генезисом торфяной залежи, которая представляет собой последовательную смену типов торфа от низинного к верховому. Подобно Ca и Fe в торфяной залежи распределяется и Br.

Содержание элементов в торфяной залежи транзитной части трансект-катены показало, что исследуемые элементы имеют также нижекларковое содержание. Высокие значения отмечаются для рубидия, брома и цинка, которое превышает их кларковые значения в почвах [6].

Распределение химических элементов в профиле торфяной залежи транзитной части носит неравномерный характер и существенно отличается от вышерассмотренной позиции трансект-катены. В отличие от элювиальной части трансект-катены в профиле торфяной залежи транзитной части содержание химических элементов изменяется скачкообразно, в зависимости от видов торфов, слагающих залежь. Так, в верхней части торфяной залежи (0-100 см), сложенной фускум-торфом отмечается меньшая концентрация элементов Ca, Fe, Co, Ce, Sm, Eu, Yb, Br, Hf, Cs, Sc, Sr, Rb. Далее, на глубине 100-150 см, представленной медиум торфом отмечаются максимальные концентрации вышеперечисленных элементов. Так, содержание Co и Sc увеличивается на этой глубине от 0.2 до 0.5, Ce и Sm от 0.1 до 0.2, Sr - от 0.6 до 0.8, Cr и La - от 0.06 до 0.08, Ca и Fe 2-2.5 раза соответственно. Ниже по профилю, со сменой вида торфа на пушицево-сфагновый верховой и осоково-пушицевый, содержание элементов резко уменьшается и минимального содержания достигает в придонном слое залежи, представленной низинным травяным торфом. На глубине 270-300 см отмечается низкое содержание Ca - 200 мг/кг и Fe - 400 мг/кг; содержание Cr, Co уменьша-

ется в 1.6 и 3.5 соответственно раз; Hf и Sc в 5 раз; Cs – в 6; Sr – 2, а Rb почти в 9 раз. Исключение составляет Br, содержание которого на этой глубине имеет максимальные величины – от 79.5 до 66.6 мг/кг.

Иной характер распределения имеет Zn, содержание которого снижается вниз по профилю. Наибольшее его скопление (до 148 мг/кг) отмечено в верхнем слое залежи (0–50 см). Высокая концентрация этого элемента в верхних слоях залежи может быть объяснена поступлением его из атмосферы, которое превышает его вынос за счет образования биомассы [8].

В сравнении с торфяной залежью элювиальной части торфяная залежь транзитной части трансект-катены характеризуется меньшим содержанием исследуемых элементов. Так, например, концентрация Ca и Fe в 1.8 раз, Co и Rb – 1.6, Hf – 1.5, Br – 5.9 раз меньше. Исключением является Zn, содержание которого в 2 раза выше его содержания в торфяной залежи элювиальной части трансект-катены.

Сравнение полученных данных с торфами России [7] показало, что содержание Co в исследуемой части трансект-катены 5.5 раз меньше, а содержание Sr и Cr превышает в 5 и 1.8 раз соответственно.

В торфяной залежи аккумулятивной части трансект-катены содержание всех исследуемых элементов ниже кларковых величин, исключение составляют Rb и Br – их содержание превышает кларковое в 1267 и 8 раз соответственно.

По сравнению с торфяной залежью транзитной части трансект-катены, торфяная залежь аккумулятивной части содержит макроэлементов Ca и Fe в 1.5 раза больше. Среди рассеянных элементов большим содержанием отличаются Sr, Cs, Hf, Rb в 1.6, 1.7, 1.8, 1.9 соответственно раз. В сравнении с элювиальной частью трансект-катены в аккумулятивной части торфяной залежи происходит больше накопление по ряду элементов: Cs в 5 раз; Sc – 1.3; Rb, Hf – 1.2; Sr – 1.1 В то же время содержание Sr в 1.1; Fe – 1.2; Cr и Co – 1.3; Sm, Zn – 2; Br – 7.8 раз меньше, содержание Ca, Ce, Tb, Yb, La одинаково.

Если сравнить содержание элементов со средним содержанием таковых в торфах России [7] то можно отметить, что Sr и Cr в описываемой части катены накапливается в 9.6 и 2.8 соответственно раз больше, а Co в 4 раза меньше.

В профиле торфяной залежи содержание практически всех исследуемых элементов увеличивается вниз по профилю и резких колебаний в содержании химических элементов не отмечается, что связано с однотипным строением торфяной залежи, которая представлена в основном древесно-пушицевыми торфами. Меньшей концентрацией элементов отличается сосново-пушицевый торф, слагающий верхнюю часть (0–25 см) торфяной залежи. Далее, в глубь по профилю содер-

жание химических элементов увеличивается. Исключение составляет Zn, который имеет биогенный характер распределения.

Таким образом, на основании проведенных исследований следует, что в элювиальной части катены происходит накопление таких элементов как Ca, Fe, Co, Cr, Ce, Sm, Tb, Yb, La, Br. Далее, в транзитной части катены происходит уменьшение содержания практически всех элементов за счет их выноса с болотными водами и накоплением в аккумулятивной части трансект-катены.

В количественном отношении валовое содержание микроэлементов в торфяных залежах зависят от типа торфа слагающего залежь. Как и следовало ожидать, низинные торфа трансект-катены характеризуются более высоким содержанием химических элементов по сравнению с верховыми и переходными. Так в большей степени в низинных торфах концентрируются Br, Sm, Hf, Co, Tb, La. В то же время содержания Sr, Ca, Yb больше в переходных. Верховые торфа обогащены Rb, Zn, Ce, Cr. Следует отметить, что такие элементы как Fe, Cr, накапливаются в равной степени как в переходных, так и в низинных, а содержание Cs не различается для верховых и низинных торфов.

Сопоставление полученных данных с составом торфа ЕТР [9] показывают, что между ними имеются определенные различия, свидетельствующие о региональных особенностях торфообразования. Для условий Западной Сибири характерна геохимическая обстановка кислого глеевого класса, которая обуславливается повышенной кислотностью, насыщением органическим веществом и значительным количеством железа во внутриболотных водах, а также и в самом торфе. Так, по сравнению с торфами ЕТР рассматриваемая залежь содержит Fe в низинных торфах в 3 раза, а в верховых в 7 раз выше. Высокое содержание железа в западносибирских торфах отмечалось и ранее [1, 10]. Этот факт объясняется влиянием мощных залежей сидеритов Колпашевского железорудного бассейна, размещающихся в зоне активного водообмена [1].

По содержанию кальция в исследуемых торфах и торфах ЕТР низинного типа довольно близки. Напротив, верховой торф исследуемой торфяной залежи содержит кальция в 3.8 раз больше, чем торфа ЕТР. Но в то же время содержание Ca и Fe в торфяной залежи олиготрофного болота изучаемой трансект-катены характеризуются более низкими содержаниями по сравнению с торфами других месторождений Западной Сибири [1, 2, 10, 11].

Обращает на себя внимание высокое содержание Sr. Максимальное его содержание отмечено в переходном типе (300 мг/кг), что превышает в 6.3 раза содержания его в торфах ЕТР. Повышенным содержанием характеризуются Br и Rb во всей торфяной залежи трансект-катены. Л.И. Инишева и Т.Н. Цыбукова [10, 11] изучая торфа Запад-

но-Сибирского региона, отмечали также высокое содержание этих элементов: Rb в низинном торфе 10.8 мг/кг, а Sr – 337 мг/кг.

Таким образом, в результате проведенных исследований установлено, что торфяная залежь исследуемой трансект-катены характеризуются нижекларковым содержанием практически всех исследуемых элементов. Исключения составляют бром и рубидий, содержание которых превышает их кларк в почвах. Профильное распределение элементов внутри торфяной залежи каждой части трансект-катены имеет свои особенности. Содержание химических элементов в профиле торфяной залежи элювиальной части трансект-катены характеризуется максимумом накопления элементов в 0–50 см слое залежи и 250–270 см слое, контактирующим с подстилающими породами. Распределение химических элементов в профиле торфяной залежи транзитной части трансект-катены носит неравномерный характер, что обусловлено ботаническим составом торфов, слагающих залежь. В профиле торфяной залежи аккумулятивной части трансект-катены содержание химических элементов увеличивается вниз по профилю и резких колебаний в содержании химических элементов не отмечается.

Работа выполнена под руководством чл.-корр. РАСХН Л.И. Инишевой.

Литература

1. Архипов В.С., Маслов С.Г. Состав и свойства типичных видов торфа центральной части Западной Сибири // Химия растительного сырья. 1998. № 4. С. 25–27.
2. Архипов В.С., Резчиков В.И., Смольянинов С.И. и др. Микроэлементы в торфе месторождений Обь-Иртышского междуречья // Торфяная промышленность. 1988. № 9. С. 25–27.
3. Инишева Л.И., Бернатонис В.К., Цыбукова Т.Н. Содержание микроэлементов в торфе Западно-Сибирского региона // Торфяная промышленность. 1991. № 1. С. 19–25.
4. Геолого-гидрологическое строение и полезные ископаемые листа 0–44 – XXXIX: Отчет Бакчарской геолого-съёмочной партии по работам за 1962–1964 гг. (окончательный) / Геологические фонды г. Томска; Авторы: Бабин А.А., Гусельников О.А., Николаева И.В. Инв. 813. Томск, 1964. 586 с.
5. Технический анализ торфа / Под ред. Базины Е.Д. М., 1992. 431 с.
6. Виноградов А.П. Геохимия редких и рассеянных химических элементов в почвах. М., 1957. 285 с.
7. Иванов В.В. Экологическая геохимия элементов: Справочник. М., 1994. Кн. 1: s-элементы. 304 с.

8. Кабата-Пендиас А., Пендиас Х. Микроэлементы в почвах и растениях. М., 1989. 439 с.

9. Крештапова В.Н. Методические рекомендации по оценке содержания микроэлементов в торфяных месторождениях Европейской части РСФСР. М., 1974. 200 с.

10. Инишева Л.И., Архипов В.С., Цыбукова Т.Н. Элементный состав основных видов торфов Западной Сибири // Торф и сельское хозяйство: Сб. научн. тр. Томск, 1994. С. 39–47.

11. Инишева Л.И., Цыбукова Т.Н. Эколого-геохимическая оценка торфов юга-востока Западно-Сибирской равнины // География и природные ресурсы. 1999. № 1. С. 45–51.

ТИПЫ БОЛОТНЫХ БЕРЕЗНЯКОВ МЕЖДУРЕЧЬЯ ОБИ И ТОМИ

С.Г. Жильцова

Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, г. Красноярск,
institute@forest.academ.ru

По данным учета лесного фонда на 1 января 1998 года в Западно-Сибирском регионе площадь березняков составляет около 17 млн. га с запасом стволовой древесины 2.14 млрд м³, из них на долю болотных древостоев приходится почти 12.5 млн га с запасом 1.09 млрд м³. Наибольшие площади болотных березняков сосредоточены в Томской, Тюменской областях, Ханты-Мансийском и Ямало-Ненецком автономных округах [1].

По условиям местопрорастания болотные и заболоченные леса подразделяются на три экологических ряда – эвтрофный, мезотрофный и олиготрофный. Причем участие березы в качестве доминирующей породы-лесообразователя характерно только для двух первых экологических рядов. В составе экологических рядов выделяются более мелкие вариации типов лесорастительных условий, определяющие формирование групп типов леса и их биогеоценотических подразделений – типов леса в объеме растительных группировок – ассоциаций. Различие на уровне эдификаторных ассоциаций определяется степенью участия в составе напочвенного покрова растений-доминантов при отсутствии существенных различий в почвенно-гидрологических условиях и составе древесного яруса [2].

Для междуречья Оби и Томи Г.М. Платонов [3] разработал классификационную схему, включающую следующие лесотипологические единицы:

– эвтрофный ряд: березняки папоротниковые, лабазниковые, лабазниково-крапивные, крапивные, крапивно-вейниковые, вейниковые,

тростниковые, тростниково-вейниковые, хвощево-разнотравные, осоковые, осоково-вейниковые, осоково-гипновые, осоково-сфагновые;

– мезотрофный ряд: березняки долгомошные, долгомошно-сфагновые, осоково-сфагновые, осоково-сфагново-кустарничковые, пушицево-сфагновые, вейниково-сфагновые.

В эвтрофных условиях также выделены согры – смешанные формации с различной долей участия березы пушистой в составе древостоев, включающие фрагменты следующих типов леса – осоковых, вейниковых, разнотравных, папоротниково-высокотравных.

Олиготрофные условия для произрастания березы не являются благоприятными. Примесь ее появляется лишь в зоне контакта болота с суходолом, где эдафические условия тяготеют к мезотрофным и мезо-эвтрофным.

Следует отметить, что из древовидных берез в условиях болот произрастает только береза пушистая, как наиболее устойчивый в отношении избыточного увлажнения вид. Исключения составляют согры, где на локальных повышениях болотного микрорельефа эпизодически встречается береза повислая. Данный вид не является типичным для избыточно увлажненных территорий и во внимание в данной работе не принимается.

Полноценные древостои береза пушистая образует исключительно в эвтрофных условиях речных долин и частных водоразделов, характеризующихся высокой проточностью. Средняя высота стволов при этом составляет 19–23 м, диаметры стволов – от 18 до 26 см, полнота древостоев не ниже 0.6. Господствующее положение в этих условиях занимают высокотравные крапивные, лабазниково-крапивные, крапивно-вейниковые, вейниковые, папоротниковые, осоково-вейниковые группы ассоциаций. Древостои, как правило, имеют сложную морфоструктуру, разновозрастные. Подрост состоит в основном из березы пушистой, реже с примесью темнохвойных пород, среди которых лидирующее положение занимает кедр сибирский. Взрослые экземпляры кедра сибирского имеют единичную и группово-куртинную представленность в составе древостоя.

Наименьшей продуктивностью отличаются хвощевые, болотно-травяные, тростниковые, тростниково-вейниковые и осоковые березняки, которые располагаются на сильно обводненных, постоянно залитых водой участках низинных болот в речных долинах водоразделов и надпойменных террас, гидрологический режим которых характеризуется напорным выклиниванием грунтовых вод. Высота древостоев в указанных типах березняков колеблется от 5–6 м до 12–15, сомкнутость крон, как правило, не превышает 0.4–0.5.

На осоково-гипновых и осоково-сфагновых болотах эвтрофного типа, относящихся к категории открытых и слабооблесенных, береза пушистая представлена отдельными особями или группами из 4–7 низкорослых кустообразных особей. Сомкнутость крон на подобных участках местами достигает 0.1–0.2. Залегают подобного типа лесные болота главным образом на надпойменных террасах и в долинах водораздельных речек с транзитным внутри болотным стоком, реже – в котловинах водораздела.

Смешанные хвойно-березовые формации, или согры, распространены в долинах водораздельных речек и логах. Количественное соотношение пород в составах древостоев различных пространственных вариаций согр сильно варьирует. Наиболее распространены береза, ель, кедр. В этих условиях береза пушистая нередко формирует монопородные «островки». Высота древесного яруса в сограх достигает 18–27 м, сомкнутость крон – 0.7–0.9, класс бонитета – IV, местами – III. Как правило, хорошо развит подлесок. Травяно-кустарничковый ярус представлен смесью из лесных и болотных видов.

Березняки мезотрофного ряда распространены по периферии верховых болот, на заболачивающихся гривах вдоль низинных болот речных долин водораздела, реже отдельными массивами. Часто условия в березняках, произрастающих по периферии низинных и верховых болот, относятся к промежуточным типам – эв-мезотрофным, мезо-эвтрофным, олиго-мезотрофным и мезо-олиготрофным. В осоково-сфагновых, осоково-сфагново-кустарничковых, пушицево-сфагновых и вейниково-сфагновых типах березняков древостои, как правило, низкопродуктивны – V–V а класса бонитета, сомкнутость крон 0.7–0.8, высота древостоя от 10–11 до 18 м. Более высокой производительностью в ряду мезотрофных березняков отличаются долгомошные и долгомошно-сфагновые, в которых высота древостоя составляет 24–28 м, сомкнутость крон – 0.8. Подрост представлен березой с примесью темнохвойных пород (кедр, ель, пихта).

Таким образом, болотные березняки, произрастающие в Томской области в междуречье Оби и Томи, представлены двумя экологическими рядами, включающими промежуточные. Запасы стволовой древесины в эвтрофных березняках колеблются от 70–80 до 150–190 м³/га в зависимости от возраста и полноты древостоя. В мезотрофных условиях березняки менее продуктивны и образуют древесной массы от 40–50 до 80–85 м³/га. В целом, как эвтрофные, так и мезотрофные болотные березняки играют важную роль в депонировании атмосферного углерода и по этой причине вне зависимости от их принадлежности к экологическому ряду могут считаться важным звеном в системе лесоболотных ландшафтов.

1. Лесной фонд России (по данным государственного учета лесного фонда по состоянию на 1 января 1998 г.): Справочник. М., 1999.
2. Пьявченко Н.И. Лесное болотоведение. М., 1962. 192 с.
3. Платонов Г.М. Болота северной части междуречья Оби и Томи // Заболоченные леса и болота Сибири. М., 1963. С. 65–87.

ОЦЕНКА ЭМИССИИ УГЛЕКИСЛОГО ГАЗА ИЗ КОРО-САПРОПЕЛЕВЫХ КОМПОЗИЦИЙ ПРИ КОМПСТИРОВАНИИ

М.В. Ивченко, С.В. Корабельникова, И.В. Люкшина, О.А. Ульянова*
Красноярский государственный аграрный университет, г. Красноярск,
info@kgau.krasedu.ru

*Институт химии и химической технологии СО РАН, г. Красноярск

Коро-сапропелевые компосты являются органоэкологической альтернативой дорогостоящим и небезопасным для здоровья человека химическим удобрениям.

Объектами исследований были еловая и осиновая кора – крупнотоннажные отходы деревообработки и сапропель. Запасы сапропеля и коры в нашей стране, и в частности в Красноярском крае огромны, что обуславливает возможность их широкого применения. По данным Л.А. Варфоломеева [1], ежегодно по Российской Федерации скапливается около 20–25 млн т. древесной коры, по Красноярскому краю – около 2 млн т. Очевидно, что эти отходы могут быть огромным сырьевым ресурсом для производства удобрений, так как кора содержит все основные биогенные элементы минерального питания (N, P, K, Ca, Mg и т.д.), которые в процессе ее минерализации могут быть доступными для растений. Кора богата углеродом, кальцием и калием, но недостатком ее является низкое содержание азота (0.33–0.40 %), которое может быть легко устранено внесением в кору азотсодержащих добавок [2]. Проведенный нами спектральный анализ еловой и осиновой кор показал их различия по химическому составу (табл.). Осиновая кора характеризуется высокой зольностью (17 %), большим содержанием SiO_2 , Al_2O_3 , Na_2O , по сравнению с еловой. Оба вида исследуемой коры по содержанию P_2O_5 и K_2O имеют близкие значения.

В качестве добавок к осиновой и еловой коре при подготовке не-традиционного органического удобрения использовали сапропели озера Малый Кызыкуль, территориально расположенного в Красно-

ярском крае. Сапропель – это отложение пресноводных водоемов, состоящее из органических веществ и минеральных примесей. В нем содержится большое количество разнообразных микроэлементов: барий, титан, медь, калий, серебро, молибден и др. Помимо различных химических компонентов в сапропель входят всевозможные биологически активные вещества – стимуляторы роста, гормоны, антибиотики, каротин и т.д. Органическая часть сапропелевых отложений представлена растительными и животными остатками в виде водорослей, рачков, моллюсков, личинок насекомых, различных бактерий. По данным Т.П. Рыбкиной с соавторами [3], средняя мощность слоя сапропеля озера Малый Кызыкуль составляет 1.95 м, состав сапропеля известково-кремнеземистый (CaO – 24.9, SiO_2 – 50 %), зольность варьирует в пределах от 34.9 до 61 %. Прогнозные запасы оцениваются в 8997 тыс. т. В целом, данные сапропели характеризуются высокой зольностью, имеют нейтральную реакцию среды и низкий запас органического вещества. Количество тяжелых металлов в пробах сапропелей ниже ПДК по ТУ 10.11860–90.

Химический состав коры, %

Кора	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	MgO	Na_2O	K_2O	P_2O_5	MnO	Зольность
Еловая	7.60	3.20	3.90	23.00	2.90	0.73	3.06	1.00	0.27	2.75
Осиновая	38.00	6.80	3.60	13.00	2.30	2.65	3.44	1.00	0.05	17.00

Состав, запасы, свойства сапропеля, еловой и осиновой кор определяют их как перспективные компоненты при подготовке коро-сапропелевых композиций (удобрений). Совместное компостирование указанных компонентов позволит решить проблему утилизации крупнотоннажного углеродсодержащего отхода (коры), увеличить удобрительные ресурсы для агропромышленного производства и вернуть органическое вещество в круговорот углерода в природе. Но процессы трансформации органического вещества при совместном компостировании коры и сапропеля еще не изучены, поэтому первоначальной целью данной работы явилось изучение процессов минерализации полученных композиций. Основным показателем минерализации органического вещества является эмиссия углекислого газа, которую мы определяли абсорбционным методом в модификации И.Н. Шаркова [4]. Экспозиция определений составляла 24 часа с шагом в 1 неделю в начале опыта и в 2 недели к концу компостирования.

Интенсивность продуцирования CO_2 изучали в двух модельных опытах с осиновой, еловой корами и сапропелем по следующей схеме:

1. Кора – контроль.
2. Кора + NP.
3. Кора + сапропель + NP (в соотношении 2:1).

В качестве азотсодержащей добавки использовали мочевины (1.5 % на абсолютно сухое вещество), в качестве фосфорсодержащей добавки – суперфосфат (0.25 %). В опыте с еловой корой мочевины была внесена в 2 этапа, а с осиновой – вся доза в начале компостирования. Через каждые 2 недели компостирования проводили перемешивание смесей и полив. Влажность компостов поддерживали на уровне 60 % от полной влагоемкости. Регулярно измеряли температуру на протяжении всего периода опытов.

Количественные характеристики, полученные в результате экспериментов, были обработаны статистически [5].

Процесс деструкции еловой коры с минеральными удобрениями и сапропелем при компостировании наглядно прослеживается по респирационной активности (рис. 1). В первый месяц компостирования интенсивность продуцирования CO_2 в контрольном варианте была минимальной ($15.8 \text{ г CO}_2/\text{м}^2$), что обусловлено кислой реакцией среды исходной коры. Внесение минеральных удобрений и сапропеля в еловую кору привело к нейтрализации среды исходной коры, что стимулировало микробиологические процессы и достоверно увеличило эмиссию CO_2 в 1.2 раза. Различия между вариантами (№ 2 и № 3) с использованием только минеральных удобрений к коре и с минеральными удобрениями и сапропелем оказались статистически недостоверными. Во втором месяце компостирования тенденция интенсивности продуцирования CO_2 сохранилась. В течение 3-го месяца компостирования различия между вариантами опыта нивелировались. В последующие три месяца компостирования скорость продуцирования CO_2 снизилась по всем вариантам опыта и продолжала замедляться в дальнейшем в связи с уменьшением легкогидролизуемого органического вещества. В связи с внесением дополнительной дозы азота в компосты наблюдали резкий скачок эмиссии CO_2 . В последующие месяцы в варианте с сапропелем интенсивность выделения углекислоты увеличивается и становится максимальной, в то же время показатели эмиссии углекислого газа в варианте с минеральными удобрениями постепенно снижаются и становятся минимальными до конца компостирования. А на контрольном варианте к концу опыта интенсивность продуцирования углекислоты повышается, что обусловлено более медленным разложением органического вещества. Общие годовые потери $\text{C}-\text{CO}_2$ в модельном опыте с еловой корой и сапропелем различаются по вариантам опыта и образуют следующий ряд: Кора еловая + сапропель + NP ($1168 \text{ г C}/\text{м}^2$) > Кора еловая + NP ($1051 \text{ г C}/\text{м}^2$) > Кора еловая – контроль ($1040 \text{ г C}/\text{м}^2$).



Рис. 1. Динамика продуцирования CO_2 , г/м²

Ход разложения осиновой коры при компостировании с минеральными удобрениями и сапропелем показан на рис. 2. Интенсивность продуцирования углекислого газа в модельном опыте с осиновой корой в первые два месяца имела ту же самую закономерность, что и с еловой. Минимальные показатели эмиссии CO_2 были отмечены на контроле и внесение в исходную кору минеральных удобрений закономерно привело к увеличению скорости продуцирования углекислоты в 1.2–1.5 раза, а в варианте с сапропелем – в 1.2–1.3 раза. При этом средние значения эмиссии углекислоты в вариантах с минеральными удобрениями и в варианте с сапропелем были статистически неразличимы. В течение третьего месяца компостирования заметили незначительное снижение дыхательной активности в вариантах опыта за исключением контроля, где интенсивность продуцирования CO_2 осталась на прежнем уровне. В течение четвертого месяца компостирования эмиссия CO_2 на контроле достигла значений этого показателя в вариантах с минеральными удобрениями и с сапропелем, а начиная с

пятого месяца компостирования достоверно превысило его. В дальнейшем, в течение последующих месяцев эмиссия углекислоты постепенно снижалась в связи с потерей легкодоступной пищи для микроорганизмов, участвующих в деструкции коры.

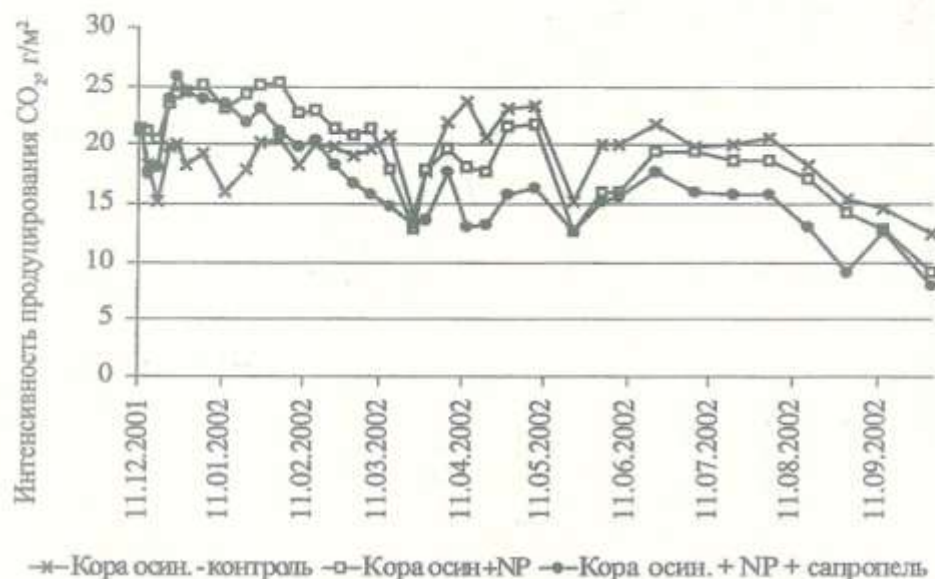


Рис. 2. Динамика продуцирования CO_2 , г/м²

Суммарные потери $\text{C}-\text{CO}_2$ по вариантам в модельном опыте с осиновой корой за 10 месяцев компостирования образуют следующий ряд: Кора осиновая + NP (1615 г $\text{C}/\text{м}^2$) > Кора осиновая – контроль (1608 г $\text{C}/\text{м}^2$) > Кора осиновая + сапропель + NP (1390 г $\text{C}/\text{м}^2$)

Динамика колебания скоростей продуцирования CO_2 (рис. 1, 2) по всем вариантам опыта представлена многовершинными кривыми убывающего характера, что связано с гидротермическими условиями компостирования. Проведенными исследованиями установлена корреляционная зависимость между эмиссией CO_2 и температурой. Коэффициенты корреляции по всем вариантам опыта превышают 0.9.

Таким образом, в результате проведенных исследований показана общая закономерность динамики продуцирования углекислоты. Внесение минеральных удобрений и сапропеля приводит к стимулированию микробиологической активности и, как следствие, к увеличению продуцирования CO_2 в первые три месяца, что связано с присутствием легкогидролизуемых соединений в коре в этот период. По мере расходования легкогидролизуемого органического вещества в компостах интенсив-

ность продуцирования углекислого газа снижается. Анализ полученных данных по суммарным потерям $\text{C}-\text{CO}_2$ свидетельствует о более быстрой минерализации органического вещества осиновой коры по сравнению с еловой, что обусловлено их различным химическим составом.

Литература

1. Варфоломеев Л.А. Приготовление промышленных компостов на основе твердых отходов деревообработки // Обзор. инф. М., 1992. 52 с.
2. Нифантьева Г.Г., Девятловская А.Н., Миняйло В.А. Использование коры и коровых свалок // Сырьевые ресурсы Нижнего Приангарья: Тр. I научн.-практ. конф. по реализации Федеральной целевой программы освоения Нижнего Приангарья в Красноярском крае. Красноярск, 1997. С. 311–314.
3. Рыбкина Т.П., Юсукевич Ю.Б. Использование сапропелей озера Малый Кызыкуль для повышения плодородия почв // Роль минерально-сырьевой базы Сибири в устойчивом функционировании плодородия почв / Мат-лы Всерос. научн.-практ. конф. Красноярск, 2001. С. 183–185.
4. Шарков И.Н. Метод оценки потребности в органических удобрениях для создания бездефицитного баланса углерода в почве пара // Агрохимия. 1986. № 2. С. 109–117.
5. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. М., 1979. 416 с.

О ВЛИЯНИИ ВАСЮГАНСКОГО БОЛОТА НА ТЕМПЕРАТУРУ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

И.И. Ипполитов, М.В. Кабанов, С.Г. Катаев, А.И. Комаров, А.И. Кусков
ИОМ СО РАН, г.Томск, lfcs@iom.tomsknet.ru

К настоящему времени четко установлено, что за прошедшие полтора-два столетия происходят ярко выраженные колебания климата. Их главнейшая особенность – повышение температуры в глобальном масштабе. Известно [1], что климат оказывает существенное влияние на зональные закономерности размещения болот. В свою очередь, влияние болот на глобальный и региональный климат также может осуществляться через многие факторы, такие как альbedo, эмиссия парниковых газов, режим испарения, теплофизические свойства грунтов и др. [2–5]. Большое Васюганское болото (БВБ) является крупнейшим болотом в мире. Более 60% его территории находится в Томской области (рис. 1). В этой связи представляет несомненный научный и практический интерес исследовать влияние БВБ на температуру приземного слоя атмосферы как над самим болотом, так и над прилегающей территорией. Для достиже-

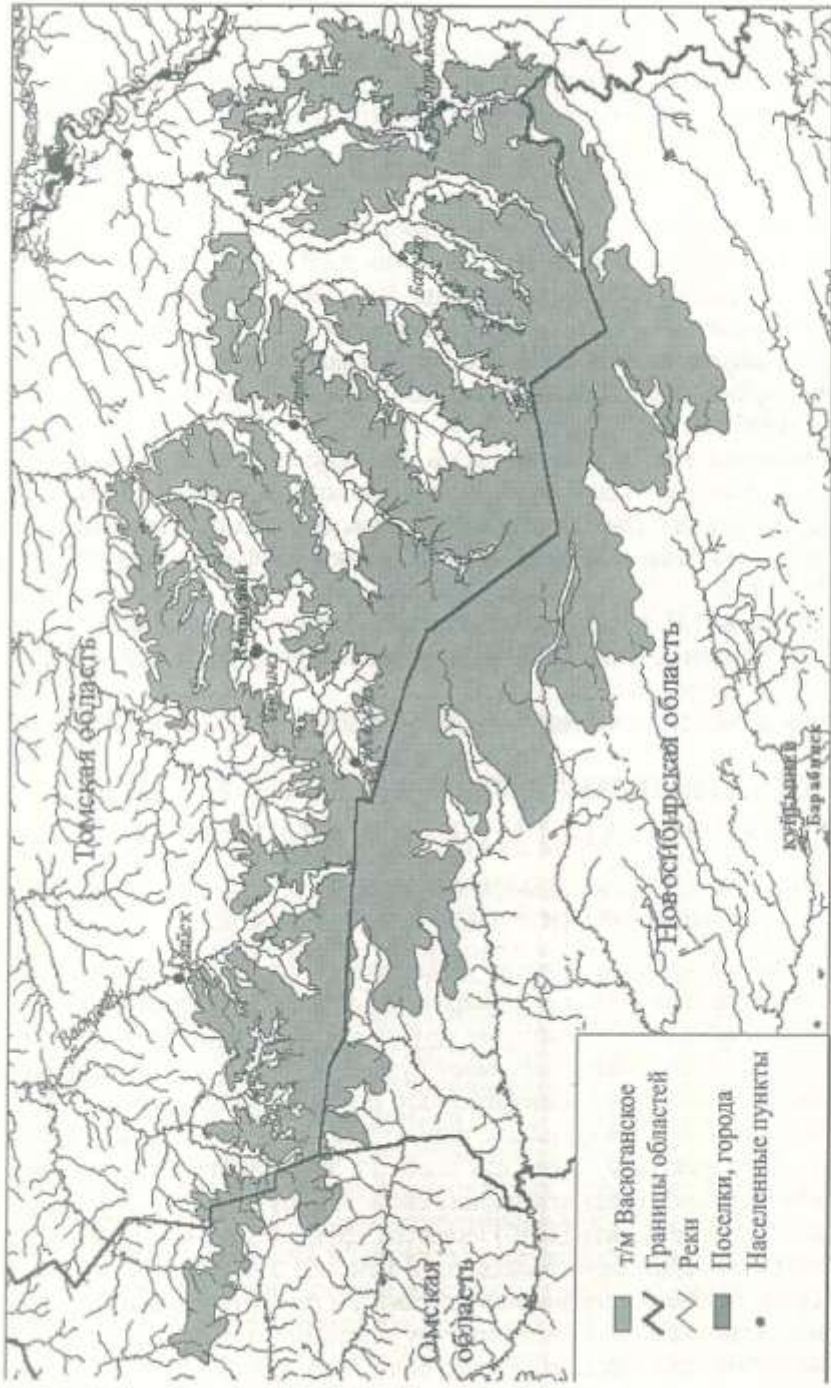


Рис. 1. Местоположение Большого Васюганского Болота

ния этой цели нами был проведен анализ структуры и динамики поля температуры в интересующем районе, а также его классификация.

Материалом для исследования послужили временные ряды средней месячной приземной температуры воздуха по 48 метеорологическим станциям, расположенным как на самом болоте, так и на его периферии за период 1955–1998 гг. В качестве основного масштаба осреднения использован месячный период. Выбор месячного осреднения температуры обусловлен тем, что при нем существенно уменьшается влияние синоптических процессов, которые при характеристике климата будут являться шумовыми. Сеть станций расположена достаточно равномерно и охватывает как БВБ, так и прилегающую к нему территорию.

Для выявления не только статического, но и динамического характера поля температуры из временных рядов были выделены составляющие. В работе [6] показано, что временные ряды средней месячной температуры состоят, по крайней мере, из трех составляющих – долговременного тренда, сезонного хода и аномалий. При этом первые две составляющие являются детерминированными и описываются аналитическими функциями, а последняя составляющая (аномалии) является нерегулярной и ее исследование возможно только с применением статистического аппарата.

В качестве характеристики структуры поля температуры над БВБ были получены значения средней температуры (\bar{T}), дисперсии (D_T), скорости долговременного изменения температуры ($^{\circ}\text{C}/10$ лет), амплитуды годового хода (A), которые приведены в таблице 1 и на рисунках 2–4.

Из анализа рисунка 2 следует, что средняя температура на исследуемой территории Сибири изменяется в диапазоне от -3°C (Ванжиль-Кынак) до 0.5°C (Болотное, Мошково, Чаны). В поле средней температуры выделяется ложбина холода с осью по линии Ванжиль-Кынак – Убинское и два слабо выраженных гребня тепла по обе стороны от ложбины. Восточный гребень с осью Новосибирск – Усть-Озерное проявляет себя с южных районов до 60° северной широты. Западный гребень выражен намного слабее, его можно проследить только в секторе от 57° до 60° с.ш. по линии Пудино-Прохоркино. Наиболее извилистой является изотерма -0.5°C , проходящая по центральной оси БВБ, что свидетельствует о несомненном влиянии БВБ на формирование термического режима.

Другой основной характеристикой поля температуры в условиях повсеместного потепления является величина скорости долговременного изменения температуры (рис. 3). Анализ поля тренда показал, что на всей территории БВБ и прилегающих районов отмечается тенденция к потеплению. Скорость долговременного изменения температуры по территории БВБ изменяется от $0.23^{\circ}\text{C}/10$ лет (Колывань)

Таблица 1

Среднее значение (\bar{T}), дисперсия (D_T) средней месячной температуры, относительный долговременный тренд (α °C/10 лет), амплитуда годового хода (A)

№	Станции	\bar{T}	D_T	α	A
1	Александровское	-2.377	194.241	0.487	19.134
2	Ванжиль-кынак	-3.179	203.049	0.366	19.596
3	Напас	-2.482	197.751	0.411	19.366
4	Прохоркино	-1.735	187.786	0.412	18.835
5	Березовка	-2.385	200.687	0.359	19.511
6	Средний Васюган	-1.181	184.705	0.391	18.686
7	Катыльга	-1.318	180.935	0.453	18.492
8	Каргасок	-1.591	193.239	0.476	19.124
9	Усть-Озерное	-1.83	195.035	0.403	19.238
10	Парбель	-1.358	188.022	0.343	18.86
11	Степановка	-0.838	177.42	0.405	18.313
12	Белый Яр	-1.264	190.323	0.361	19.011
13	Колпашево	-1.263	188.399	0.417	18.924
14	Старица	-1.046	181.302	0.385	18.547
15	Майск	-0.833	176.728	0.408	18.305
16	Батурино	-0.854	185.189	0.336	18.777
17	Молчаново	-0.808	181.177	0.437	18.557
18	Пудино	-0.374	178.64	0.421	18.438
19	Кенга	-1.09	177.773	0.376	18.373
20	Тегульдет	-0.782	181.107	0.462	18.557
21	Парбиг	-0.902	180.503	0.359	18.522
22	Бакчар	-0.482	178.474	0.332	18.44
23	Первомайское	-0.183	179.836	0.429	18.509
24	Брагино	-0.55	179.736	0.441	18.487
25	Зырянское	-0.214	178.889	0.411	18.459

Окончание табл. 1

№	Станции	\bar{T}	D_T	α	A
26	Томск	0.092	173.592	0.397	18.192
27	Кожевниково	0.186	178.167	0.443	18.428
28	Большеречье	0.489	183.516	0.462	18.657
29	Большие Уки	0.33	168.921	0.418	17.91
30	Калачинск	1.009	188.642	0.451	18.925
31	Нижнее-Колосовское	0.546	176.214	0.359	18.185
32	Омск	1.312	184.954	0.425	18.768
33	Саргатское	1.005	181.099	0.424	18.459
34	Седельниково	-0.598	176.038	0.384	17.888
35	Кыштовка	-0.188	182.681	0.381	18.651
36	Северное	-0.357	180.459	0.467	18.549
37	Крещенка	-0.111	179.558	0.376	18.426
38	Болотное	0.509	172.554	0.391	18.163
39	Барабинск	0.272	189.72	0.474	19.03
40	Убинское	-0.11	186.179	0.611	18.191
41	Кольвань	0.484	179.134	0.232	18.342
42	Мошково	0.511	169.96	0.453	18
43	Чаны	0.532	189.8	0.441	19.028
44	Каргат	0.299	186.428	0.514	18.708
45	Татарск	0.804	186.784	0.468	18.881
46	Чулым	0.316	183.633	0.478	18.712
47	Коченево	0.664	182.016	0.476	18.562
48	Тогучин	0.488	178.579	0.374	18.448

до $0.61\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ лет}$ (Убинское). Однако именно эти две станции в поле относительного долговременного тренда являются нерепрезентативными. Если считать эти значения аномальными, то диапазон изменения α на рассматриваемой территории будет находиться в пределах $0.33\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ лет} - 0.51\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ лет}$



Рис. 2. Поле средней температуры

Отклонение поля величины тренда температуры α от широтного характера и возникновение в нем замкнутых очагов объясняется местными особенностями и желанием выявить тонкую структуру поля. Конфигурация поля скорости долговременного изменения температуры характеризуется многоочаговой структурой, хотя различие в значениях α внутри очагов и на окружающей территории незначительно.

Амплитуда годового хода температуры по исследуемой территории изменяется от $17.9\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $19.6\text{ }^{\circ}\text{C}$ (рис. 4). Однако непосредственно над БВБ амплитуда годового хода имеет минимальные значения и изменяется незначительно от $18\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $18.6\text{ }^{\circ}\text{C}$. Причем изолиния $18.6\text{ }^{\circ}\text{C}$ располагается вдоль северо-восточной и юго-западной границы болота, что свидетельствует о выравнивании амплитуды годового хода над БВБ, а также об отепляющем влиянии болота в зимний период и об охлаждающем в летний.

Анализ вклада каждой составляющей в общую изменчивость показывает, что аномалии формирует около 5 % общей изменчивости температуры, доля долговременного тренда в формировании дисперсии

исходного ряда составляет сотые или десятые доли процента, на сезонный ход приходится около 95 % общей изменчивости температуры.

Следующим этапом нашей работы было определение компактно расположенных зон, обладающих приблизительно одинаковым поведением температуры. Решение этой задачи позволит существенно улучшить прогноз и предоставит материал для нахождения скрытых закономерностей в характере эволюции термического режима атмосферы. Кроме этого, результаты классификации (таксономии) могут служить основой для выявления антропогенных воздействий на окружающую среду.

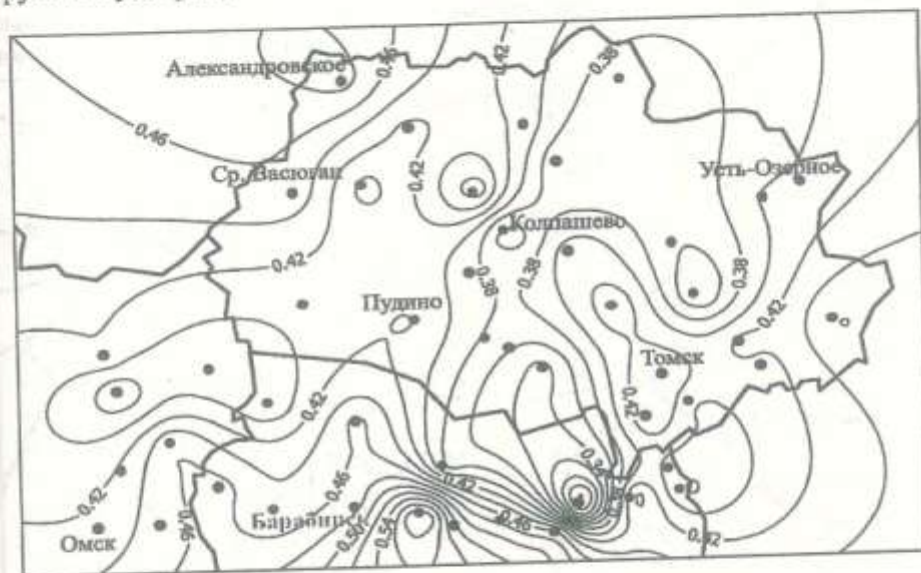


Рис. 3. Поле скорости долговременного изменения температуры ($^{\circ}\text{C}/10\text{ лет}$)

Обоснованность и результат классификации зависит от правильности выбора системы признаков, характеризующих объекты; метрики пространства признаков, определяющей взаимное расположение точек в этом пространстве; критерия, руководствуясь которым, исследователь относит объект к тому или иному классу; алгоритма классификации. Наличие многих факторов приводит к тому, что процедура таксономии в общем случае не приводит к однозначному результату. Во многом это зависит от того, как точки, характеризующие конкретные объекты, группируются в пространстве признаков, есть ли логика в их положении. Поэтому задачу таксономии можно сформулировать как задачу отыскания скрытых закономерностей в эмпирических данных.

Одной из главных проблем, с которой сталкиваются при проведении таксономии, является проблема определения оптимального разбиения объектов на классы. К сожалению, не существует теоретически обоснованного критерия (функционала качества), который бы позволял производить объективный отбор и выделять наилучший результат с учетом иерархической структуры. Обычно эта проблема решается при конкретном расчете в соответствии со сформулированной целью исследования и соображений разумности полученных результатов. В данной работе процедура таксономии проводилась алгоритмом, разработанным авторами [7], и позволяющим выделять среди всех объектов группы, в которых элементы связаны друг с другом сильнее, нежели со всеми остальными.



Рис. 4. Поле амплитуды годового хода

Наибольший интерес представляет классификация исходного поля и поля аномалий. Это вызвано тем, что картирование этих полей затруднено.

В таблицах 2, 3 приведены результаты кластерного анализа исходного поля температуры и аномалий. В таблицах помещены параметры, характеризующие как отдельный класс, так и все разбиение в целом: номер класса, число станций в этом классе, среднее значение температуры в классе, дисперсия, среднее расстояние между станциями в классе, расстояние между классами.

По результатам анализа в поле средней месячной температуры на территории БВБ выделяется 4 класса. Причем, первый и второй классы наиболее обширны, включают в себя 21 и 19 станций соответственно.

Территория, относящаяся к 1 классу, располагается вдоль южных границ БВБ. 2 класс охватывает северную часть болота. Практически при одинаковой изменчивости температуры (дисперсия для 1 класса составляет 182, для 2-го – 184), одинаковом внутриклассовом расстоянии (0.17 °C и 0.16 °C) средняя температура классов достаточно сильно различается (0.35 °C для первого класса и 1.09 °C – для второго). 3 и 4 класс охватывают небольшие территории. Каждый из них представлен всего тремя станциями. Однако эти классы достаточно компактны (внутриклассовое расстояние для 3 и 4-го классов составляет 0.10 °C и 0.11 °C соответственно) и имеют серьезное различие по средней температуре (0.46 °C и –2.41 °C) и временной изменчивости (дисперсии составляют 176 и 198). Наличие небольших классов свидетельствует о региональных особенностях процессов, формирующих поле температуры в районе БВБ.

Таблица 2

Характеристики классификации исходного поля средней месячной температуры в районе Большого Васюганского болота

Номер класса	Кол-во точек	Среднее значение	Дисперсия	Внутриклассовое расстояние	Межклассовое расстояние		
					номера классов		
1	21	0.35	181.5	0.17	2	3	4
2	19	-1.09	184.0	0.16	0.30	0.19	0.49
3	3	0.46	176.2	0.10		0.30	0.26
4	3	-2.41	197.6	0.11			0.49

Таблица 3

Характеристики классификации аномалий поля средней месячной температуры в районе Большого Васюганского болота

Номер класса	Кол-во точек	Среднее значение	Дисперсия	Внутриклассовое расстояние	Межклассовое расстояние				
					номера классов				
1	21	0	8.82	0.18	2	3	4	5	6
2	7	0	9.27	0.15	0.28	0.34	0.25	0.25	0.23
3	6	0	9.45	0.13		0.23	0.37	0.16	0.39
4	4	0	9.84	0.12			0.34	0.20	0.45
5	3	0	8.79	0.12				0.31	0.30
6	2	0	9.83	0.10					0.37

В поле аномалий (табл. 3) выделяется 6 классов. Наиболее обширный 1 класс (21 станция) охватывает всю северную часть БВБ. На периферии территории, охваченной этим классом, располагаются более мелкие классы (4 и 6-ой), характеризующиеся меньшим внутрикласовым расстоянием. Южную часть болота оконтуривают 2 и 3 классы. Южнее центральной части болота располагается 5 класс.

Из совместного анализа классификаций исходного поля температуры и поля аномалий вытекает, что к северу и к югу от осевой линии болота выявляются различия в характеристиках поля температуры. Причем изменение характеристик происходит скачкообразно. Учитывая, что над рассматриваемой территорией, вследствие ее небольших размеров, радиационный и циркуляционный режимы не могут претерпевать скачкообразных изменений, полученные неоднородности можно отнести на счет различных характеристик подстилающей поверхности.

Для выявления роли БВБ в формировании очагов повышенной и пониженной температуры из исходного поля средних значений каждого календарного месяца была удалена зональная составляющая, представляющая собой линейную зависимость температуры от широты.

Величины ΔT_m послужили основой для построения полей отклонений температуры от его среднеширотного значения за каждый месяц и за год в целом (рис. 5, 6).

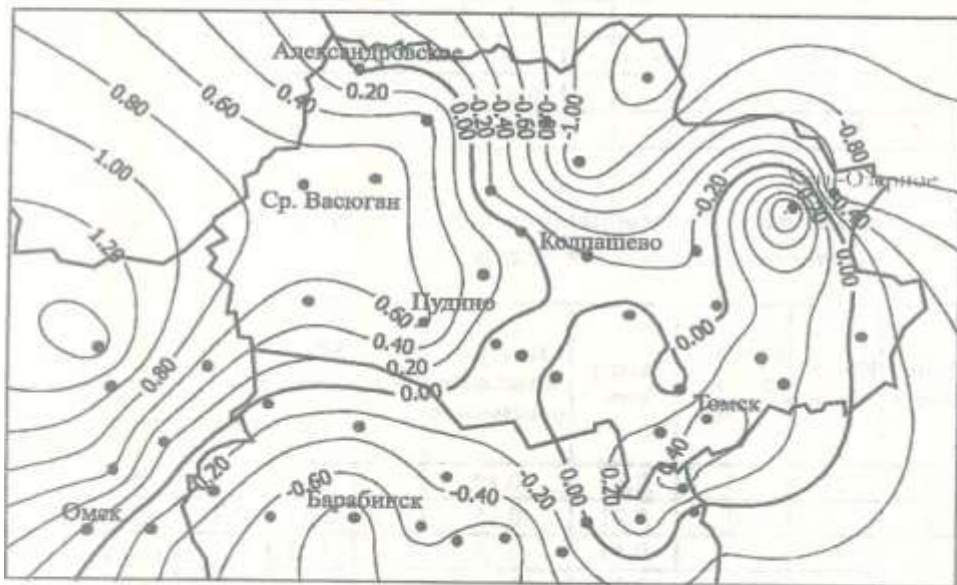


Рис. 5. Поле отклонения средней температуры января от его среднеширотного значения



Рис. 6. Поле отклонения средней температуры июля от его среднеширотного значения

Из анализа полей отклонений температуры следует, что в зимние месяцы (декабрь-февраль) выделяются два ярко выраженных очага с повышенной температурой. Эти очаги разделены узкой зоной пониженной температуры (в диапазоне от 0 до -0.2°C). Максимальное значение отклонения в западном очаге отмечаются на станции Большие Уки (1.2°C). Восточный очаг состоит из двух ядер со значениями $0.4-0.6^{\circ}\text{C}$. В весенние месяцы (март, апрель) происходит уменьшение интенсивности очагов повышенной температуры, особенно в восточном очаге и в то же время увеличивается ширина перемычки между этими очагами. Таким образом, БВБ в зимние месяцы оказывает отопляющее влияние (до 1.2°C) на приземный слой атмосферы. Этот эффект можно объяснить выделением из болота тепла, накопленного за летние месяцы.

С мая начинается перестройка термического поля. Вдоль БВБ формируется очаг пониженной температуры интенсивность которого увеличивается к июлю, когда отклонение температур доходят до -0.8°C (Седельниково). Этот эффект объясняется тем, что к маю происходит таяние снежного покрова. Подстилающая поверхность становится переувлажненной, теплоемкость ее резко возрастает. Вследствие этого болото хорошо аккумулирует солнечную энергию, в то же время, процессы испарения способствуют понижению температуры.

Заключительным этапом нашей работы было выявление пространственно-временной общности составляющих временных рядов откло-

нений средней месячной температуры от ее среднеширотных значений. Для чего использовался метод главных компонент, который предполагает получение линейных комбинаций значений составляющих. В результате разложения были получены две главные компоненты, полностью объясняющие изменение поля отклонений температуры в течение года. Результаты разложения полей отклонений температуры на ортогональные составляющие приведены в таблице 4.

Таблица 4

Собственные вектора и коэффициенты корреляции разложения полей годового хода температуры

Месяц	Собственные вектора		Козфф. корреляции		Козфф. детерминации	
	1-я комп.	2-я комп.	1-я комп.	2-я комп.	1-я комп.	2-я комп.
Январь	0.401	-0.289	0.929	-0.37	0.863	0.137
Февраль	0.382	-0.236	0.946	-0.323	0.896	0.104
Март	0.33	-0.097	0.987	-0.16	0.974	0.026
Апрель	0.26	0.095	0.98	0.197	0.961	0.039
Май	0.191	0.286	0.77	0.639	0.592	0.408
Июнь	0.139	0.428	0.507	0.862	0.257	0.743
Июль	0.121	0.478	0.417	0.909	0.174	0.826
Август	0.139	0.428	0.507	0.862	0.257	0.743
Сентябрь	0.19	0.286	0.77	0.638	0.592	0.408
Октябрь	0.26	0.096	0.98	0.199	0.96	0.04
Ноябрь	0.331	-0.097	0.987	-0.16	0.974	0.026
Декабрь	0.382	-0.236	0.946	-0.323	0.896	0.104
Год	0.26	0.095	0.98	0.198	0.961	0.039

Поле распределения значений первой главной компоненты относится к зимнему типу, а поле второй главной компоненты – к летнему. При этом зимний тип поля объясняет 76.6 % суммарной дисперсии, а летний – 23.4 %. Отсюда следует, что зимний тип поля, когда над БВБ отмечается прогрев атмосферы, преобладает в течение года. Связь типового зимнего поля с реальными полями в октябре-апреле очень высокая, самый низкий коэффициент корреляции составляет 0.93. Переходные поля, которые отмечаются в мае и октябре имеют черты как зимнего, так и летнего типов полей, при этом преобладают черты зимнего типа (коэффициенты корреляции в эти месяцы с зимним и

летним типами составляют соответственно 0.77 и 0.64). Летний тип поля характерен только для июня-августа (коэффициенты корреляции реальных полей с типовыми не ниже 0.86).

Таким образом, в результате проведенного исследования было выявлено, что:

- изотермы средней температуры в районе БВБ имеют волновой характер;
- над болотом амплитуды годового хода сглажены и изменяются в небольшом диапазоне;
- в годовом ходе БВБ оказывает отепляющее воздействие на приземный слой атмосферы прилегающих к нему территории зимой и охлаждающее – летом. В переходные периоды возможно как отепление, так и охлаждение;
- выявлено два типа поля отклонений температуры от ее среднеширотного значения – зимний и летний типы. Получены типовые поля, которые имеют высокую связь с полями отклонений за календарные месяцы.

Литература

1. Лисс О.Л. и др. Болотные системы Западной Сибири и их природоохранное значение. Тула, 2001. 584 с.
2. Лучицкая И.О. О пространственной детализации термического режима с учетом местных условий по территории юго-востока Западной Сибири // Гидрометеорология Сибири: Тр. Сиб. регион. гидрометеорологического института. СПб., 2000. Вып. 102. С. 42–62.
3. Севостьянов В.В. Термический режим Большого Васюганского болота // IV Сиб. совещание по климатозоологическому мониторингу: Тез. докл. Томск, 2001. С. 76–77.
4. Khalil M.A.K. (Ed.) Atmospheric Methaane. Its Role in the Global Environment // Springer-Verlag. Berlin; Heidelberg, 2000. 351 p.
5. Dise N.B. Winter fluxes of methane in Minnesota peatlands // Biogeochemistry. 1992. № 7. P. 71–83.
6. Региональный мониторинг атмосферы. Природно-климатические изменения // Под редакцией чл.-корр РАН М.В. Кабанова. Томск, 2000. Ч. 4. 269 с.
7. Катаев С.Г., Кусков А.И. Исследование озонных полей над территорией России и сопредельных государств. Составляющие полей озона и их структура // Вестник ТГПУ. Сер.: Естественные и точные науки. 1998. Вып. 5. С. 10–17.

**ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНОЙ СТЕПЕНИ
ЗАБОЛАЧИВАНИЯ НА ПРИРОСТ МХА
HYLOCOMIUM SPLENDENS ((Hedw.) Schimp.
in B.S.G.) В УСЛОВИЯХ СРЕДНЕЙ И СЕВЕРНОЙ
ТАЙГИ**

А.А. Кнорре

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

Основной интерес, проявляемый к заболоченным территориям по всему миру связан, как известно, с приуроченностью к ним такого природного ресурса, как торф. Одним из главенствующих в этом отношении экономическим регионом по значимости является Западно-Сибирский, на долю которого приходится 39% мировых запасов торфа [1]. Однако необходимо отметить, что огромное количество заболоченных земель встречается по всей территории России. К ним относятся площади безлесных и слабо лесных болот, заболоченных и болотных лесов, а также избыточно-увлажненных угодий [2, 3].

Зеленые мхи в условиях средней и северной тайги являются сопутствующим видами мхов, принимающими участие в процессе торфонакопления (наряду со сфагновыми). Ряд авторов [4, 5] занимались определением годичной продукции зеленых мхов, однако, такие исследования касаются сравнительно небольшого количества видов (*Polytrichum strictum* Brid., *P.juniperinum* Hedw., *Dicranum polysetum* Sw., *Hylocomium splendens* (Hedw.) Schimp. in B.S.G., *Sphagnum fuscum* (Schimp.) Klinggr., *S. angustifolium* (Russ. ex Russ.) C. Jens., *S. rubellum* Wils. и др.*). Было отмечено, что величина годичной продукции мхов является не постоянной, а очень изменчивой и зависит как от видовой принадлежности, так и от условий местообитания, климатических условий и т.д.

В настоящей работе рассматривается изменение годичной продукции мха *Hylocomium splendens* в зависимости от условий увлажнения, как для различных участков, так и для разных микрорельефов одного участка.

Для анализа прироста мхов, наиболее простым в отношении измерений видом, является гилокомий блестящий (*Hylocomium splendens*) – представитель бокоплодных мхов. Стебель мха состоит из чередующихся прямых, неветвистых частей годичного побега и горизонтально расположенных «этажами», сильно разветвленных частей этих же побегов. Величина годичного прироста у этого вида устанавливается по длине неветвящихся частей побега между разветвлениями, расположенными

«этажами». На одном стебле данного вида насчитывается до 6–8 в сред-неувлажненных лесах, а во влажных лесах до 10–14 годичных побегов.

Сбор материала производился на пробных площадях, входящих в сеть постоянных пробных площадей комплексных исследований по Енисейскому трансекту IGBP. В связи с этим были выделены три основных участка исследований: HANT (Хантайка), NT (Н. Тунгуска), SURG (Сургутиха).

Северная тайга. Представлена двумя участками (ПП1, ПП9), расположенными в надпойменной террасе р. Хантайки, с различными по степени увлажнения условиями местообитаний.

ПП1. Тип леса – лиственнично-еловый кустарничково-зеленомошный, типичный для данного региона северной тайги – влажного местообитания с разреженным древостоем. В составе подлеска на всей площади доминирует ольха кустарниковая (*Dushekia fruticosa* (Rupr.) Pouzar)**, а в местах, приуроченных к пойме ручья – ивняковые заросли (*Salix* spp. L.). Для травянисто-кустарничкового покрова характерно преобладание таких видов как багульник (*Ledum palustre* L.), черника (*Vaccinium myrtillus* L.), брусника (*Vaccinium vitis-idaea* L.), голубика (*Vaccinium uliginosum* L.) с примесью хвощей (*Equisetum sylvaticum* L.) и плауновидных (*Lycopodium annotinum* L.). Моховой покров (C=1) представлен зелеными мхами, среди которых доминируют *Pleurozium schreberi* (Brid.) Mitt., *Hylocomium splendens*. Реже встречается *Aulacomnium* spp. (Schwaegr.). *Polytrichum commune* (Hedw.) встречается только на микроповышениях. Толщина мохового покрова (ТМП_{фр.}) 6.7 см. Лишайниковый покров (C = 0.3–0.4) представлен преимущественно кустистыми лишайниками.

ПП9. Пробная площадь характеризуется избыточным увлажнением, с выявленным сильно бугристым нанорельефом и незначительным уклоном (5°). Тип леса – лиственнично-еловый кустарничково-лишайниково-моховой. Подлесок сформирован из *Dushekia fruticosa*, *Betula nana* L., нескольких видов ив (*Salix recurvigemmis* A. Skvorts., *S. Jenisseensis* (Fr. Schmidt) R.Floder., *S. glauca* L.). Проективное покрытие травяно-кустарничкового яруса составляет 80%. Синузильность часто зависит от формы рельефа. Много сфагновых синузиль, а так же мохово-лишайниковые и кустарничково-зеленомошные. Представлен: *Vaccinium uliginosum*, *Empetrum nigrum* L., *Ledum palustre*, *Equisetum sylvaticum* L., *Rubus chamaemorus* L., *Orthilia secunda* (L.) House, *Veratrum lobelianum* Bernh., *Lycopodium annotinum* L., *Myosotis palustris* (L.), *Saxifraga* sp. L., *Rumex acetosa* L., *Vaccinium vitis-idaea*. Моховой покров (C = 0.7–0.8) представлен преимущественно несколькими видами рода *Sphagnum* (Hedw.) и *Pleurozium schreberi*, остальные виды присутствуют в сочетании с данными в небольших количествах.

ТМП_{ср.} = 10 см. Лишайниковый покров (С = 0.2–0.3) представлен несколькими видами рода *Cladonia*.

Средняя тайга. Представлена ПП2, расположенной в нижнем течении р. Н.Тунгуска и временным полигоном SURG.

ПП2. Приурочена к склону северо-западной экспозиции с уклоном в 15–20°. Нанорельеф – слабо бугристый. Условия произрастания – свежие (С₂₋₃). Тип леса – лиственничник с кедром и березой кустарничково-хвощево-зеленомошный. Подлесок развит хорошо. Представлен *Duschekia fruticosa*, *Rosa acicularis* Lindl., *Salix sp.* L. Проективное покрытие травяно-кустарничкового яруса составляет – 85–90%. Видовой состав представлен: *Equisetum sylvatica*, *Vaccinium uliginosum*, *Ledum palustre*, *Lycopodium annotinum*, *Vaccinium myrtillus*, *Vaccinium vitis-idaea*, *Rubus arcticus* L., *Pyrola media* Sw. *Linnaea borealis* L., некоторыми видами злаков. Моховой покров – 90–100% проективного покрытия. ТМП_{ср.} = 9 см. На большей части площади смесь *Hylocomium splendens* и *Pleurozium schreberi*. *Aulacomnium* встречается редко, отдельными латками. *Sphagnum* приурочен к более влажным местообитаниям на микроповышениях и впадинах.

SURG. Заболоченный верхового типа участок леса. S = 0.7 га. В центральной части островок 60 × 50 = 7СЗБ. Условие произрастания – сырое, степень увлажнения снижается на приподнятых участках по краям болотины. Нанорельеф – бугристый, кочковатый. Тип леса – сосняк с кедром и березой осочково-сфагновый. Подлесок – отсутствует. Травяно-кустарничковый ярус представлен преимущественно клюквой (*Oxycoccus microcarpus* Turcz. ex Rupr.), морошкой, осокой, багульником, подбелом (*Andromeda polifolia* L.). В составе мохового покрова выделяются: центральная часть, занятая сфагновой синузией и *Sphagnum sp.* + *Pleurozium schreberi*, *Pleurozium schreberi* + *Politrichum commune*, по краям участка в доминанты выходят зеленые мхи – *P. schrebery* + *Hylocomium splendens*, *P. schrebery* + *P. commune*. Лишайниковый покров отсутствует.

В данной работе для изучения годичного прироста мха с каждой площади собиралось по восемь упаковок вида *Hylocomium splendens* для каждого из трех элементов микрорельефа: ровный (MRR), микроповышение (MPV), микропонижение (MPN). Далее образцы высушивались. Затем в лабораторных условиях они размачивались и с помощью бинокля МБС–10 были проведены замеры линейного годичного прироста основного стебля для 25 образцов с каждого элемента микрорельефа. Вес годичных побегов определялся в воздушно-сухой массе на весах ВЛР–10 г, с точностью до 0.001 г.

Измерения показали, что значения величины линейного прироста сильно варьируют как в зависимости от степени увлажнения, так и по

положению в микрорельефе. Так, например, из таблицы 1 видно, что, как правило, величина минимального линейного прироста наблюдается у особей, растущих в микропонижениях. Для Хантайки и Н. Тунгуски этот показатель составляет 1.8 и 1.18 мм соответственно. Исключением является показатель линейного прироста у мхов, на участке более южного направления (Сургутиха), где данная величина является наибольшей среди всех сравниваемых микрорельефов. Максимальная величина линейного прироста в зависимости от положения мха в микрорельефе меняется не значительно и не зависит от принадлежности к той или иной группировке. Однако наблюдается явное увеличение показателей прироста с продвижением по направлению с севера на юг. Так величина максимального прироста гиллякомия на участке северной тайги (HANT) не превышал 24 мм, на участке средней тайги (NT) он составил более 26 мм, и на более южном участке средней тайги (SURG) этот показатель был не ниже 29–31 мм.

Таблица 1

Статистические показатели величины линейного прироста мха *Hylocomium splendens*

Участок	Микро-рельеф	Величина линейного прироста, мм		
		минимальный	максимальный	средний
HANT (PP1)	MRR	3.50	24.00	11.036
	MPN	–	–	–
	MPV	–	–	–
HANT (PP9)	MRR	2.34	20.70	4.75
	MPN	1.80	20.52	9.60
	MPV	4.14	21.60	11.74
NT	MRR	2.34	26.64	11.09
	MPN	1.18	26.64	12.57
	MPV	2.16	22.50	10.39
SURG	MRR	3.24	31.22	13.48
	MPN	5.40	29.70	15.99
	MPV	4.86	29.34	13.97

Несколько иная картина наблюдается для весовых показателей прироста мха (табл. 2). Здесь не наблюдается четкой зависимости величины весового прироста от положения в микрорельефе или от принадлежности участка к той или иной лесорастительной зоне. Так наименьшая величина минимального весового прироста характерна для HANT

и NT. Однако на первом обозначенном участке данный показатель не превышает 0.61 мг, тогда как для MRR и MPN второго участка этот показатель составил 1.025 и 1.630 мг. Значения максимального прироста также не зависят от положения в микрорельефе участка, но отличаются для северной и средней тайги. Показатели максимального прироста для HANT составляют от 5.361 до 21 мг, в то время как для NT и SURG такой интервал значительно увеличивается – 14.1 – 42.43 мг.

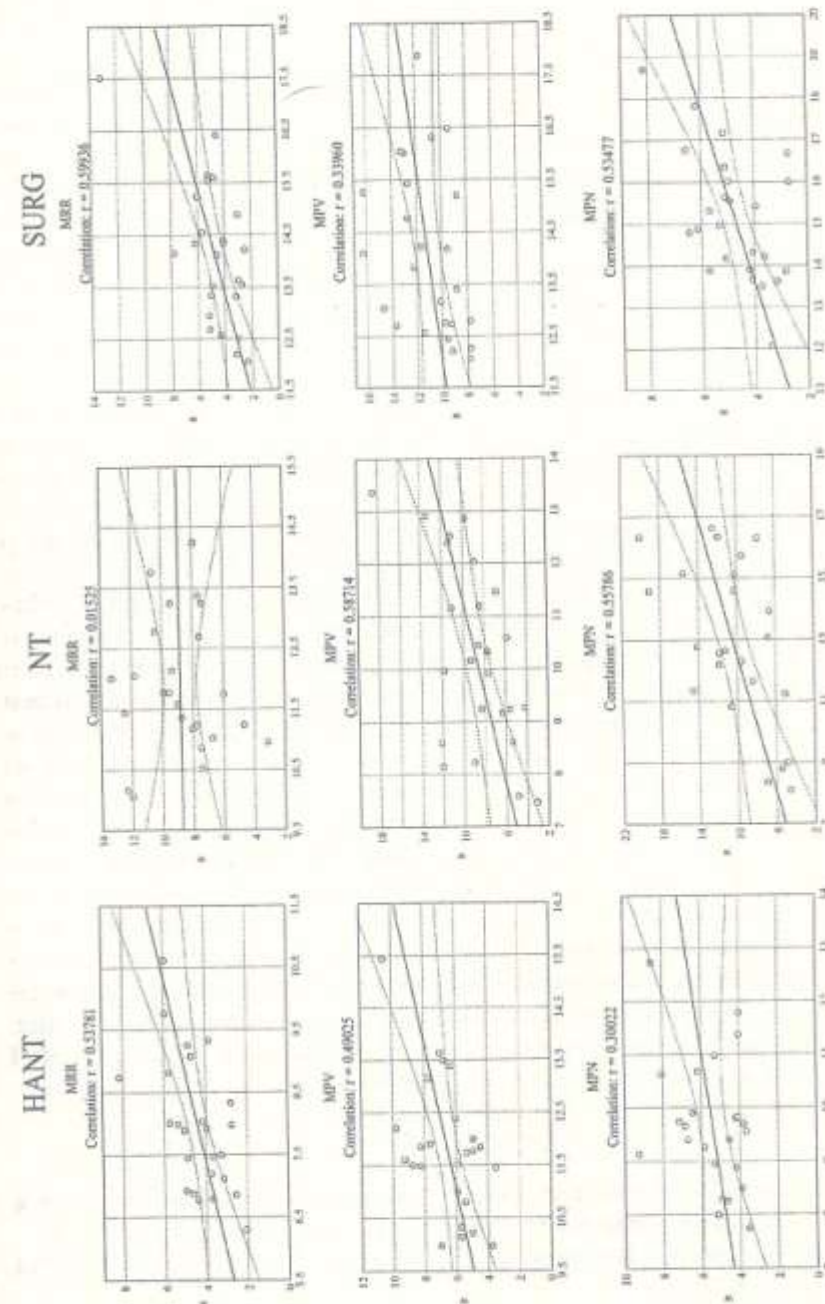
Таблица 2

Статистические показатели величины прироста по массе мха *Hylocomium splendens*

Участок	Микро-рельеф	Величина весового прироста, мг		
		минимальный	максимальный	средний
HANT (PP1)	MRR	0.50	21.00	7.163
	MPN	–	–	–
	MPV	–	–	–
HANT (PP9)	MRR	0.555	11.535	4.371
	MPN	0.600	14.340	5.361
	MPV	0.610	17.480	6.519
NT	MRR	1.025	23.565	9.108
	MPN	1.630	42.430	10.318
	MPV	0.555	26.345	7.387
SURG	MRR	0.900	30.500	4.155
	MPN	0.900	14.100	4.598
	MPV	0.720	24.470	10.676

Далее мы попытались посмотреть взаимосвязь между линейными и весовыми характеристиками прироста мха гиллякомия. Для этого использовалось уравнение простой аллометрии. При сравнении графиков с истинными значениями и построенными в логарифмических координатах (классический подход) значительных отличий выявлено не было, поэтому построение проводилось в нелогарифмических координатах.

Из рисунка видно, что между весовыми и линейными характеристиками наблюдается значимая зависимость ($p < 0.05$) для всех районов исследования. Однако можно отметить, что низкие коэффициенты корреляции для данных районов распределились по разным положениям микрорельефа. Так наименьшее значение коэф. корр. для HANT характерно для микропонижения (MPN) и составляет – 0.3.



Зависимость между весовыми и линейными характеристиками прироста мха

Для участка NT такой показатель статистически не значим (0.015) и характерен для ровного микрорельефа (MRR). Для участка SURG он равен 0.34 для микроповышения (MPV).

Проведенный корреляционный анализ между теми же показателями для последних четырех лет по отдельности, показал, что распределение значимых коэффициентов корреляции неравномерно как по годам, так и по микрорельефам для всех участков. Так наиболее согласованный рост был в 1998 году на участке HANT для всех элементов микрорельефа. Однако средний показатель по годам для этого участка выявил различия в элементах микрорельефа. Для участков NT и SURG показатели коэффициентов корреляции для различных элементов микрорельефа чередуются по годам. Наиболее высокие и согласованные показатели отмечались для NT в 2000 году и для SURG в 1999 году.

Закономерности в приросте мха имеют характерные особенности роста как в пределах различных микрорельефов одного фитоценоза, так и для различных растительных зон. Более показательным в изучении динамики роста оказался показатель линейного прироста мха. Причем степень ответной реакции растения на какой-либо не благоприятный фактор роста характеризуется значениями наименьшего прироста. При рассмотрении закономерностей роста мха для различных элементов микрорельефа было выявлено, что для северной и средней тайги наименьший прирост характерен для микропонижений, кроме самого южного участка средней тайги (SURG), где показатель минимального прироста практически одинаков для всех элементов микрорельефа. Однако средний показатель линейного прироста мха стабильно увеличивается с продвижением на юг. При рассмотрении взаимосвязи ростовых параметров (линейный и весовой прирост) так же произошло разделение по элементам микрорельефа для различных лесорастительных зон. Так для северного редколесья Хантайки наименьшая степень взаимосвязи между весовыми и линейными показателями прироста мха гиллякомия характерна для микропонижения. Для лиственнично-сосновых насаждений средней тайги такой показатель выявлен на ровном микрорельефе. А в заболоченных сосняках средней тайги этот показатель характерен для микроповышения.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ 02-04-49938 и молодежного проекта РАН № 263.

Литература

1. Инишева Л.И., Моторин А.С. Происхождение торфяных болот и их многофункциональная роль: Учебное пособие. Томск, 2000. 60 с.
2. Атлас лесов СССР. Главн. Упр. Геодезии и картографии при СМ СССР. М., 1973. 222 с.

3. Лесной фонд СССР: Статистический сб. Гос. комитет СССР по лесу. М., 1990. Т. 1. 1006 с.

4. Кац Н.Я., Кириллович М., Лебедева Н. Движение поверхности сфагновых болот и формирование их микрорельефа // Землеведение. 1936. Т. XXXVIII. Вып. 1.

5. Сукачев В.Н. Болота, их образование, развитие и свойства. М., 1960.

ФЕРМЕНТАТИВНАЯ АКТИВНОСТЬ НИЗИННЫХ ТОРФЯНЫХ ПОЧВ

О.Г. Савичева

Томский государственный педагогический университет, Томск,
ltor@petrol.tomsk.ru

Торфяные почвы являются уникальным природным образованием по своим химическим и физико-химическим свойствам. Рациональное освоение торфяных почв с целью применения их в сельском хозяйстве, а также разработка новейших технологий по комплексной переработке торфа во многом определяется результатами всесторонних научных исследований свойств торфа, в том числе и его биологических свойств. Хорошо известны микробиологические методы оценки биологического состояния торфов [1, 2]. Наряду с микробиологическими методами биологическое состояние торфов и торфяных почв может быть оценено с помощью определения активности ферментов [3–10].

Величина и соотношение активности ферментов определяется гидротермическим режимом данного региона, химическими, физико-химическими свойствами, содержанием органического вещества, кислотностью. Уровень ферментативной активности – это результат всего предшествующего развития почвы [11]. Он создается не за один год, а в течение всего эволюционного периода развития почвы. Поэтому ферментативная активность наряду с другими критериями может быть надежным диагностическим показателем биохимических процессов в торфяных почвах.

Объектами исследований явились целинные низинные торфяные почвы южно-таежной подзоны Западной Сибири, представленные болотными низинными торфяными обычными почвами на глубоких торфах болота Большое [12] (в дальнейшем – низинные торфяные почвы (Большое)) и болотными низинными торфяными высокозольными почвами на глубоких торфах болота Колмахтон (в дальнейшем – пойменные низинные торфяные почвы (Колмахтон)).

В торфяных почвах образцы торфа отбирали торфяным буром ТБГ-1 через каждые 0.25 м на всю глубину торфяной залежи до минерального горизонта. В исследуемых торфяных почвах изучали ферменты класса оксидоредуктаз и гидролаз. Активность каталазы определяли газометрическим методом в модификации Ю.В. Круглова и Л.Н. Пароменской [13]. В контрольных образцах (неферментативная активность) ферменты инактивировали стерилизацией сухим жаром при температуре 180 °С в течение двух часов [14]. Полифенолоксидазную активность определяли по методу Л.А. Карягиной и Н.А. Михайловской [15], инвертазную активность – по методу Т.А. Щербаковой [11].

В отобранных образцах торфа были проведены также следующие анализы: ботанический состав и степень разложения [16], зольность [17], обменная кислотность [18], гидролитическая кислотность [19], фракционный состав органического вещества по В.В. Пономаревой и Т.А. Николаевой [20].

Низинные торфяные почвы (Большое) сформировались на надпойменной террасе, где водное питание осуществляется за счет поступления поверхностно-сточных вод с водосборной площади и напорно-грунтового питания. Формирование торфяных почв началось с отложения слоя осокового вида торфа в условиях богатого минерального питания (зольность 13.5–44.2 %). В дальнейшем периодическое понижение уровня болотных вод в течение длительного периода способствовало развитию древесно-осокового фитоценоза. В результате этого сформировался мощный слой (1.25 м) древесно-осокового торфа высокой степени разложения (30–40 %) и нормальной зольности. Смена степени обводнения привела к чередованию маломощных слоев, сложенных древесными и древесно-осоковыми торфами невысокой степени разложения (15–25 %). Реакция среды в низинных торфяных почвах (Большое) изменяется от слабокислой и близко к нейтральной (5.2–5.9) в верхнем слое профиля, сложенном древесными и древесно-осоковыми торфами, до нейтральной (6.7–7.2) в нижележащих слоях, сложенных осоковыми торфами, что определяется наличием жестких грунтовых вод и нейтральной реакцией среды (7.3) подстилающих пород. Величина гидролитической кислотности торфяных почв составляет 2.70–29.60 мг×экв/100 г. Такой широкий диапазон обусловлен различной насыщенностью торфа основаниями. Более детальный анализ показал, что наиболее кислая реакция среды и высокие значения гидролитической кислотности приходятся на часть почвенного профиля с более низкой зольностью.

Пойменные низинные торфяные почвы (Колмахтон) сложены чередующимися равномерными по мощности слоями древесного и древесно-травяного (древесно-папоротниковый, древесно-осоковый) торфами, что свидетельствует о достаточно хорошей дренированнос-

ти торфяных почв в процессе их формирования. Слой древесного торфа, лежащий в основании торфяных почв показывает о заболачивании и гибели леса в начальном этапе их развития. Степень разложения торфов, слагающих торфяные почвы, составляет 17–31 %. Зольность основной части профиля составляет 10.0–16.9 % и увеличивается в нижних горизонтах до 26.7–31.9 %. Изучаемые почвы по реакции среды характеризуются как близкие к нейтральным (5.6–6.9). Величина гидролитической кислотности составляет 10.6–22.4 мг×экв/100 г, суммы поглощенных оснований – 139.6–162.9 мг×экв/100 г. Мощность пойменных низинных торфяных почв (Колмахтон) составляет 3.5 м.

Как показали исследования фракционного состава органического вещества, в низинных торфяных почвах (Большое) содержание общего углерода составляет 29.6–31.3 %. Среди гумусовых веществ преобладают ГК (17.8–25.6 % от $C_{\text{общ}}$). Распределение ГК по торфяному профилю происходит равномерно, содержание ФК снижается с глубиной. Это находит свое выражение в отношении $C_{\text{гк}} : C_{\text{фк}}$, которое с глубиной увеличивается до 1.95 против 1.45 в верхнем слое. По составу гумуса, согласно шкале Т.Т. Ефремовой [21], рассматриваемые почвы относятся к фульватно-гуматным.

Сравнительно высокое содержание ГК (25.6 % от $C_{\text{общ}}$) установлено в верхнем слое, сложенном древесным торфом со степенью разложения 15 %. Вглубь по профилю величина ГК несколько снижается. Например, в слое 0.75–1.0 м, сложенном также древесными торфами, но более высокой степени разложения (25 %), сумма ГК составляет 17.8 % от $C_{\text{общ}}$. Очевидно, повышенное содержание подвижного кальция и, следовательно, менее кислая реакция среды оказали положительное влияние на гумусообразование верхнего слоя. Глубже 1.25 м, с возрастанием степени разложения содержание ГК вновь увеличивается. Другой возможной причиной, определяющей такое распределение ГК по профилю, является содержание 1 фракции ГК, преобладающей в группе ГК (9.2–14.7 % от $C_{\text{общ}}$). Гуминовые кислоты второй фракции преобладают над 3-ей фракцией. Наиболее высокие значения второй фракции отмечаются в верхней и нижней части профиля торфяных почв, характеризующихся высокой зольностью и более нейтральной рН, способствующей их закреплению. Содержание 3-ей фракции изменяется в небольших пределах 3.1–4.65 от $C_{\text{общ}}$.

Содержание ФК составляет 11.5–17.6 % от $C_{\text{общ}}$. Среди ФК преобладают фракции, связанные с 1 и 2 фракциями ГК. Однако их распределение по профилю более равномерное по сравнению с ГК.

Вещества, гидролизующиеся кислотой, составляют 10.4–13.8 % от $C_{\text{общ}}$ и снижаются вниз по профилю. Количество негидролизующего остатка возрастает вниз по профилю от 40.5 до 54.1 % от $C_{\text{общ}}$.

Пойменные низинные торфяные почвы (Колмахтон) характеризуются высоким содержанием углерода (38.3–50.6 %). В отличие от низинных торфяных почв (Большое), в верхней части профиля (до 1.25 м) преобладают биохимически неустойчивые гумусовые вещества – ФК. С глубиной происходит накопление ГК. Тип гумуса исследуемых почв характеризуется как гуматно-фульватный (0.5–1.0).

Кроме того, ГК пойменных низинных торфяных почв (Колмахтон) характеризуются более низкой степенью биохимической деструкции по сравнению с низинными торфяными почвами (Большое). Это подтверждает преобладание 3-ей фракция ГК. Вторая фракция ГК представлена в незначительном количестве (0.7–1.9 % от $C_{\text{обм}}$). Содержание 1-ой фракции ГК составляет 5.7–7.9 % от $C_{\text{обм}}$.

Содержание гидролизуемых веществ снижается вниз по профилю от 11.7 до 7.9 % от $C_{\text{обм}}$.

Представление об общей ферментативной активности торфов можно получить на основании определения фермента, участвующего в процессах дыхательного обмена – каталазы [13, 22, 23]. В результате активирующего действия каталазы происходит расщепление токсичной для живых организмов перекиси водорода, образующейся при окислении углеводов, белков и жиров флавопротеиновыми ферментами на воду и свободный кислород [24]. Общая каталазная активность включает в себя ферментативную и неферментативную. Неферментативная каталазная активность обусловлена катализаторами абиогенной природы, в частности, каталитической активностью минералов солей железа и марганца [22, 25–27] и мертвой органической части почвы [4].

Активность каталазы в низинных торфяных почвах (Большое) изменяется в пределах от 0.80 до 5.72 мл $O_2/2$ мин/г (далее – ед.) (табл.). Наиболее высокая активность каталазы (1.15–5.72 ед.) отмечается в верхней части профиля (0.0–0.75 м). Вглубь по профилю, с глубины 0.75 м, где почва сложена древесно-осоковыми нормальнозольными торфами со степенью разложения 25–40 %, активность каталазы резко снижается и составляет 0.78–0.94 ед. В придонном слое, сложенном осоковыми торфами, каталазная активность возрастает до 1.1 ед. вследствие каталитической активности минералов солей железа и марганца. Доля ферментативной активности здесь составляет всего 26 %.

В верхних слоях (до 0.75 м), напротив, на долю ферментативной каталазной активности приходится 33–81 % от общей, что свидетельствует о том, что окислительно-восстановительные процессы осуществляются преимущественно за счет ферментов биологического комплекса.

Активность каталазы в пойменных торфяных почвах (Колмахтон) изменяется в небольших пределах – 1.21–2.25 ед. (табл.). Наиболее высокие ее значения (2.25 ед.) отмечаются в верхнем слое торфяного

профиля как наиболее азрированном и, вследствие этого, характеризующимся более интенсивными окислительно-восстановительными процессами. Вниз по профилю активность рассматриваемого фермента распределена равномерно. Ферментативная активность составляет 50–65 %, более высокие ее величины отмечены в верхних горизонтах.

Ферментативная активность низинных торфяных почв

Глубина, см	Ботанический состав	Каталаза			Полифенолоксидаза ¹	Инвертаза ²
		общая	ферментативная	% от общ.		
мл $O_2/2$ мин/г						
Пойменные низинные торфяные почвы (Колмахтон)						
0–25	древ.-осоковый	2.25	1.46	65	0.22	110.81
25–75	древ.-травяной	1.22	0.69	57	0.47	42.27
100–125	древ.-папоротн.	1.62	1.00	62	0.00	40.63
175–200	древ.-травяной	1.28	0.69	54	0.26	44.73
225–250	древесный	1.21	0.61	50	0.40	16.27
325–350	древесный	1.69	0.93	55	0.37	15.87
Низинные торфяные почвы (Большое)						
0–25	древесный	3.30	2.39	72	1.33	74.45
25–50	древ.-осоковый	1.15	0.38	33	0.76	42.77
50–75	древесный	5.72	4.65	81	0.37	53.95
75–100	древесный	0.90	0.19	21	0.67	37.56
100–125	древ.-осоковый	0.88	0.15	17	0.91	54.94
125–150	древ.-осоковый	0.93	0.29	31	0.80	25.97
150–175	древ.-осоковый	0.78	0.28	36	0.61	49.15
175–200	древ.-осоковый	0.80	0.35	44	1.03	34.45
200–225	древ.-осоковый	0.94	0.40	43	0.92	0.00
225–250	осоковый	0.87	0.23	26	0.99	33.75
250–275	осоковый	1.10	0.29	26	1.09	36.43

¹мг 1.4 п-бензохинона/30 мин./г.;

²мг глюкозы/18 ч/г.

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 близкие 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 [28–30].

Активность инвертазы в низинных торфяных почвах (Большое) изменяется от 0.0 до 74.45 мг глюкозы/4 ч/г (далее – ед.) Высокая инвертазная активность отмечается в верхнем слое (0.0–0.25 м) исследованных почв (74.45 ед.). Обогащенность инвертазой верхнего слоя объясняется наличием высокого содержания углеводов (13.80 % от $C_{обм}$), вследствие поступления свежих растительных остатков. Вниз по профилю, с ростом степени разложения, количество углеводов, биохимически неустойчивых веществ, снижается до 10.37 % от $C_{обм}$. Это находит свое подтверждение и в снижении активности инвертазы. Трансформация углеводов также тесно связана с активностью окислительно-восстановительных процессов, поэтому углеводы более активно расходуются в верхнем аэрированном слое.

В верхнем слое пойменных низинных торфяных почв (Колмахтон) также отмечена высокая инвертазная активность (110.81 ед.), что обусловлено высоким содержанием легкогидролизуемых веществ (6.1 % от $C_{обм}$). Вниз по профилю с ростом степени разложения от 16 до 31 % количество легкогидролизуемых веществ снижается до 3.7–3.8 % от $C_{обм}$. Соответственно, снижается и интенсивность трансформации углеводов. Как уже отмечалось выше, распределение активности инвертазы зависит от ботанического состава торфов, слагающих торфяные почвы. Так, в слое 0.25–2. м, сложенном древесно-травяными и древесно-папоротниковыми торфами, инвертазная активность составляет 40.63–44.73 ед. В более глубоких слоях (2.25–3.5 м), сложенных древесными торфами с относительно высокой степенью разложения (26–31 %), активность инвертазы значительно меньше – 15.87–16.27 ед.

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 [28], 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 феноксидаз.

Активность полифенолоксидазы в низинных торфяных почвах (Большое) изменяется в небольших пределах 0.37–1.33–1.4 п-бензохинона/30 мин/г (далее – ед.) (табл.). Многие исследователи уровень активности полифенолоксидазы связывают с характеристикой ин-

тенсивности биогенеза гумуса [11, 31, 32]. Наши исследования показали, что в верхнем слое (0.0–0.25 м), характеризующиеся относительно высоким содержанием 1-ой и 2-ой фракции ГК, суммой ГК и ФК по сравнению с нижележащими слоями, наблюдается и более высокая полифенолоксидазная активность (1.33 ед.). Как было отмечено ранее, до глубины 1 м (древесные торфа) отмечается уменьшение содержания ГК от 25.6 до 17.8 % от $C_{обм}$. Соответственно, происходит и снижение активности полифенолоксидазы. Глубже, в слое древесно-осокового торфа с возрастанием степени разложения интенсивность процессов гумусообразования вновь возрастает, о чем свидетельствует более высокая активность полифенолоксидазы и содержание ГК.

Пойменные низинные торфяные почвы (Колмахтон) характеризуются низкой активностью полифенолоксидазы (0.00–0.47 ед.). В отличие от выше рассмотренных низинных почв, низкий уровень активности рассматриваемого фермента обусловлен невысокой степенью разложения (17–31 %) и гуматно-фульватным составом гумуса.

Таким образом, целинные торфяные почвы низинного типа потенциально биологически активны. При этом биологическая активность низинных торфяных и пойменных низинных торфяных почв отличается, что обусловлено различными условиями формирования данных почв. Установлено, что наиболее обогащен ферментами верхний слой, характеризующийся большим количеством свежих растительных остатков и относительно благоприятным водно-воздушными условиями. Вглубь по профилю активность ферментов снижается.

Литература

1. Зименко Т.Г., Самсонова А.С., Мисник А.Г. и др. Микробные ценозы торфяных почв и их функционирование. Минск, 1983. 181 с.
2. Зенова Г.М., Широких И.Г., Лысак Л.В. и др. Мезофильные и термотолерантные актиномицеты в рекультивируемых торфяниках подзоны южной тайги // Почвоведение. 1991. № 12. С. 54–61.
3. Лупинович И.С., Голуб Т.Ф. Торфяно-болотные почвы и их плодородие. Минск, 1958. 315 с.
4. Купревич В.Ф., Щербакова Т.А. Почвенная энзимология. Минск, 1966. 275 с.
5. Голуб Т.Ф. Биохимические процессы в целинных и освоенных торфяно-болотных почвах // Почвоведение. 1964. № 7. С. 45–54.
6. Переверзев В.Н., Головки Э.А., Алексеева Н.С. Биологическая активность и азотный режим торфяно-болотных почв в условиях Крайнего Севера. Л., 1970. 99 с.
7. Ефремова Т.Т. Активность ферментов как показатель напряженности биохимических процессов в торфяных почвах // Биология гетеротрофных микроорганизмов. Красноярск, 1971. С. 130–134.

8. Ефремова Т.Т. Влияние осушения и лесной растительности на биохимические процессы в торфяных почвах // Комплексная оценка болот и заболоченных лесов в связи с их мелиорацией. Новосибирск, 1973. С. 179–194.
9. Ефремова Т.Т. Формирование почв при естественном облесении осушенных болот. Новосибирск, 1975. 125 с.
10. Славнина Т.П., Инишева Л.И. Биологическая активность почв Томской области. Томск, 1987. 216 с.
11. Щербакова Т.А. Ферментативная активность почв и трансформация органического вещества. Минск, 1983. 222 с.
12. Классификация и диагностика почв СССР. М., 1977. 223 с.
13. Круглов Ю.В., Пароменская Л.Н. Модификация газометрического метода определения каталазной активности // Почвоведение. 1966. № 1. С. 93–95.
14. Хазиев Ф.Х. Методы почвенной энзимологии. М., 1990. 189 с.
15. Карягина Л.А., Михайлоуская Н.А. Вызначенне актынасці поліфенолаксидазы і пераксидазы у глебе / Весцы АН БССР. Серыя сельскагаспадарчых навук. 1986. № 2. С. 40–41.
16. ГОСТ 28245–89. Торф. Методы определения ботанического состава и степени разложения. Введ. 01.07.90. М., 1989. 9 с.
17. ГОСТ 11305–83. Торф. Методы определения зольности. Введ. 01.01.85. М., 1984. 6 с.
18. ГОСТ 11623–89. Торф и продукты его переработки для сельского хозяйства. Методы определения обменной и активной кислотности. Введ. 01.01.90. М., 1990. 5 с.
19. ГОСТ 27894.1–88 – ГОСТ 27894.10–88. Торф и продукты его переработки для сельского хозяйства. Методы анализа. Введ. 01.01.90 до 01.01.2000. М., 1989. 31 с.
20. Пономарева В.В., Николаева Т.А. Методы изучения органического вещества в торфяно-болотных почвах // Почвоведение. 1961. № 5. С. 88–95.
21. Ефремова Т.Т. Гумус и структурообразование в лесных торфяных почвах Западной Сибири: Автореф. дис. ... док. биол. наук. Новосибирск, 1990. 39 с.
22. Рунов Е.В., Терехов О.С. К вопросу об активности каталазы в некоторых лесных почвах // Почвоведение. 1960. № 9. С. 75–80.
23. Курбатов И.М., Двойнишникова Е.И. Каталазная активность как показатель общей биологической активности почв: Сб. докл. симпозиума по ферментам почвы. Минск, 1968. С. 100–107.
24. Мишустин Е.Н. Микроорганизмы и плодородие почвы. М., 1956. 246 с.
25. Шарова А.С. О биологической активности почв Латвийской, Литовской и Эстонской ССР // Изв. АН ЛатвССР. 1953. № 1. С. 107.

26. Вигоров А.И. Особенности каталазы подзолистой почвы: Докл. АН СССР. 1958. Т. 122, № 6. С. 1107–1110.
27. Зубкова Т.А., Карпачевский Л.О. Каталитическая активность почвы // Почвоведение. 1979. № 6. С. 115–121.
28. Кононова М.М. Органическое вещество почвы. Его природа, свойства и методы изучения. М., 1963. 315 с.
29. Орлов Д.С. Гумусовые кислоты почв и общая теория гумификации. М., 1990. 325 с.
30. Орлов Д.С., Садовникова Л.К., Садовников Ю.Н. Углеводы в почвах // Агрохимия. 1975. № 3. С. 139–155.
31. Хазиев Ф.Х. Почвенные ферменты. М., 1972. 32 с.
32. Хазиев Ф.Х., Гулько А.Е. Ферментативная активность почв агроценозов и перспективы ее изучения // Почвоведение. 1991. № 8. С. 88–103.

ВЛИЯНИЕ УДОБРЕНИЙ НА ОСНОВЕ ТОРФА НА УРОЖАЙНОСТЬ КАРТОФЕЛЯ

А.Н. Самокрайняя

Красноярский государственный аграрный университет, г. Красноярск,
info@kgau.krasedu.ru

Картофель – одна из требовательных культур к питанию, но почва не всегда обеспечивает его потребность в необходимых элементах. Для получения высоких и качественных урожаев необходимо внесение удобрений.

В условиях дороговизны минеральных удобрений в последнее время много внимания уделяется комплексным удобрениям на основе торфа, сапропелей, цеолитов и других местных агоруд. В Красноярском крае есть залежи торфа в объеме 431.4 млн т, сапропелей – 19.8 млн т.; цеолитов – 18.5 млн т. Это свидетельствует о достаточной ресурсной базе для производства местных удобрений.

Цель нашего опыта заключалась в изучении влияния нетрадиционных удобрений (на основе торфо-цеолитовых смесей, в разной степени обогащенных минеральными удобрениями) на урожайность картофеля. Использовался сапропель оз. Малый Кызыкуль, фрезерный торф месторождения Тигрицкое Минусинского района, цеолит Сахатинский Назаровского района.

Исследования проводились на аллювиальной темноцветной почве в долине реки Енисей Минусинской котловины (на Минусинской опытной станции плодоводства и бахчеводства СО РАСХН). Полевой опыт закладывался по схеме: а) Контроль – без удобрений; б) N100 P90K120; в) Торф 60 т/га; г) Сапропель 60 т/га; д) Сапропель 30 т/га + торф 30 т/га;

е) Сапропель 60 т/га + торф 60 т/га; ж) Гранула 1–2 т/га; 8. Гранула 2–2 т/га. Опыт закладывали в 4-кратной повторности, общий размер делянки 31.5 м² (3.5 × 9.0), учетная площадь – 25.2 м² (2.8 × 9). Удобрения вносили вручную на каждую делянку накануне посадки картофеля. Посадка произведена 20 мая 2002 г. гребневым способом. Схема посадки 30 × 70 см. В течение вегетационного периода велись прополка, фенологические наблюдения, отбор почвенных проб на агрохимический анализ и на влажность почвы.

Полученные результаты урожайности картофеля приведены в таблице. На контроле урожайность составила в среднем 11.9 т/га. Относительно контроля увеличение урожайности наблюдается на всех вариантах, но наибольшее действие удобрений в 1 год обнаружено на вариантах 2, 3, 8. На варианте 2 с применением минеральных удобрений урожай увеличился на 81.5 %, при внесении 60 т/га – увеличение составило 66.4 %, и применение гранулы 2 в дозе в 30 раз меньшей – повысило урожай на 53.8 %.

В настоящее время анализируются почвенные и растительные образцы, обрабатываются полученные данные для углубленной характеристики действия изучаемых удобрений из местных агроруд.

Влияние удобрений на основе торфа на урожайность картофеля

Варианты опыта	Урожайность, т/га	Отклонение от контроля	
		±т/га	±%
1. Контроль – без удобрений	11.9	–	–
2. N100 P90K120	21.6	9.7	81.5
3. Торф 60 т/га	19.8	7.9	66.4
4. Сапропель 60 т/га	14.6	2.7	22.7
5. Сапропель 30 т/га + торф 30 т/га	12.9	1.1	9.2
6. Сапропель 60 т/га + торф 60 т/га	16.6	4.7	39.5
7. Гранула 1–2 т/га	15.7	3.8	31.9
8. Гранула 2–2т/га	18.3	6.4	53.8
НСР ₀₅ , т/га		±5.14	

МИКРОБИОЛОГИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ ТОРФЯНЫХ ПОЧВ ОЛИГОТРОФНОГО РЯДА

Ю.В. Саникова

Томский государственный педагогический университет, г. Томск,
ltor@petrol.tomsk.ru

На территории России сосредоточена значительная часть мировых ресурсов торфа. Общая площадь торфяных месторождений составляет более 80 млн га. При этом большая доля торфяных запасов приходится на Западно-Сибирскую равнину.

Среди значительного количества работ, посвященных микроорганизмам торфяных почв разных регионов, единичны исследования полного профиля торфяных месторождений. Преобладают, в основном, результаты микробиологических исследований только верхних горизонтов. Анализ литературных источников, посвященных исследованию полного профиля торфяных почв полагая, что запасы микроорганизмов не сосредоточены преимущественно в верхних горизонтах, а относительно равномерно распределены по всему почвенному профилю, вплоть до подстилающей породы [1, 2].

Целью данной работы являлось изучение микробиологической активности торфяных почв олиготрофного ряда.

Объекты исследования – разные биогеоценозы ландшафтного профиля бассейна реки Ключ Бакчарского района Томской области. Профиль пересекает основные виды болотных фитоценозов по направлению к центру болота: сосново-кустарничково-сфагновый фитоценоз, высокий рям (П. 2), мощность торфяной залежи 90 см; сосново-кустарничково-сфагновый фитоценоз, низкий рям (П. 3) с мощностью торфяной залежи 300 см; сосново-кустарничково-сфагновый фитоценоз, переходная зона (П. 4) с мощностью 70 см и осоково-сфагновая топь (П. 5) с мощностью торфяной залежи 275 см.

Определение микробиологической активности в 2002 г проводили по методикам Института микробиологии АН СССР. Микробное сообщество характеризовали численностью физиологических групп почвенных микроорганизмов, причастных к трансформации углерод – и азотсодержащих веществ. В сырых образцах, отобранных в весенний и летний периоды учитывали: микроорганизмы на МПА и КАА, нитрифицирующие на среде Виноградского, денитрифицирующие микроорганизмы на среде Гильгата, а также целлюлозоразрушающие на среде Гетчинсона [3].

Для достижения поставленной цели применили 2 подхода: вертикально-ярусный, заключающийся в одновременном исследовании микробных комплексов в пределах всех биогеоценологических горизонтов и сукцессионный, изучающий временные изменения.

Из полученных данных видно, что в среднем наибольшей микробиологической активностью обладает торфяная залежь низкого яра (П. 3), причем его нижний горизонт, а наименьшей активностью торфяная залежь высокого яра (П. 2).

Исследования особенностей функционирования микробоценозов торфяной залежи эталонной болотной системы показали, что в течение всего вегетационного периода преобладают микроорганизмы не требовательные к температурным и окислительным условиям – это аммонификаторы, численность которых изменяется от 0.0 до 751.8 млн клеток, что характерно для болот олиготрофного ряда [4, 5]. В то время как в торфяной залежи меньшим содержанием характеризуется группа денитрифицирующих микроорганизмов, их количество невелико и колеблется от 0.06 до 125 млн клеток (табл.)

Отношение бактерий КАА к МПА в торфяных почвах служит показателем коэффициента минерализации. В торфяных почвах олиготрофного ряда он невысокий, то есть количество микроорганизмов, превращающих минеральные формы азота в 2 раза меньше, чем количество аммонифицирующей микрофлоры. Однако, в торфяной залежи объектов на некоторых глубинах наблюдается обратная картина, что скорее свидетельствует о бедности торфов легкодоступным для бактерий органическим азотом, чем указывает на высокую активность процессов минерализации.

Процесс окисления аммиачных форм азота в нитритные и нитратные, который осуществляют нитрифицирующие микроорганизмы, зависит от процесса аммонификации. В то время как процесс аммонификации в исследуемых торфяных почвах осуществляется достаточно активно, образование нитратов в них тормозится. По нашему мнению, нитрификаторы, требовательные к условиям среды испытывают угнетение за счет накопления аммиака и слабой аэрированности почвы, последнее подтверждается более низкими значениями ОВП.

Динамика микроорганизмов, определяется, главным образом, условиями вегетационного периода. В среднем, более оптимальные условия для развития микроорганизмов складывались весной, май 2002 г. был теплый, а июль очень дождливый (рис.)

Численность микроорганизмов на МПА максимальна в весенний период, изменяясь в пределах от 2.2 млн клеток до 75.2 млн, при этом наибольшее количество отмечается в торфяной залежи низкого яра, а минимальное в торфяной залежи осоково-сфагнуовой топи. Это, по нашему мнению, объясняется меньшим возрастом торфяной залежи низкого яра и, следовательно, достаточного количества субстрата для микроорганизмов, в отличие от торфяной залежи открытой топи, в которой процессы трансформации субстрата уже произошли ранее. Летом же численность аммонификаторов снижается.

Микробиологическая активность торфяной почвы различных биоценозов, 2002 год

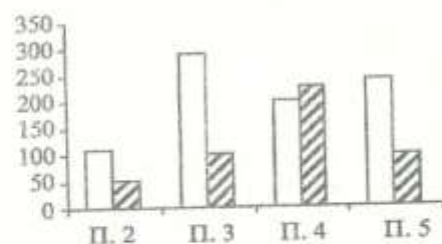
Глубина, см	Аммонификаторы, $N \times 10^5$		Микроорганизмы на КАА, $N \times 10^5$		Коэффициент минерализации		Нитрификаторы, $N \times 10^5$		Денитрификаторы, $N \times 10^5$		Аэробные разрушители целлюлозы, $N \times 10^5$	
	Май	июль	май	июль	май	июль	май	июль	май	июль	май	июль
Высокий яра (П. 2)												
0-25	118.8	173.0	9.7	10.8	0.1	0.06	4.5	9.6	9	1.5	4.5	9.6
25-50	140.6	20.9	3.5	20.9	0.02	1.0	1.8	15	0.8	0.06	6.8	8.3
50-75	90.0	10.1	0.1	55.4	0.001	5.4	0.06	27.8	3.2	1	3.5	2.7
75-100	96.6	0.0	7.8	38.7	0.1	0.0	2.7	9.5	0.2	9	0	2.5
среднее	111.5	51.0	4.4	31.5	0.0	1.6	2.3	15.5	3.3	2.9	3.7	5.8
Низкий яра (П. 3)												
0-50	258.5	98.6	0	66.4	0	0.7	2.2	0.3	0.2	0.1	20.8	10
50-75	653.4	55.3	0.5	59.8	0.001	1.1	26.7	83.3	31.7	30	37.7	16.7
75-100	751.8	106.5	38.9	125.3	0.05	1.2	10	2.6	125	0.6	21.7	6.3
100-150	225.3	33.4	109.6	17.4	0.49	0.5	18	4	1.9	4.5	4.6	5
150-200	38.6	77.3	180.1	20	4.7	0.3	0.3	1	5.6	1.7	6.4	0.9
200-250	77.7	101.7	300.3	99.8	3.86	1	0.04	1.7	1.5	0.04	0	0
250-300	45.5	232	230	62.3	5.05	0.3	0.4	0.06	1.7	1.6	2.5	1.5
среднее	293	100.7	122.8	64.4	2	0.7	8.2	13.3	23.9	5.5	13.4	5.8

Глубина, см	Аммонификаторы, $N \times 10^5$		Микроорганизмы на КАА, $N \times 10^5$		Коэффициент минерализации		Нитрификаторы, $N \times 10^5$		Денитрификаторы, $N \times 10^5$		Аэробные разрушители целлюлозы, $N \times 10^5$	
	май	июль	май	июль	май	июль	май	июль	май	июль	май	июль
0-40	200.6	228.4	99.3	11.5	0.5	0.05	50	0.3	3	0.4	10	5.6
Осоково-сфагновая топь (П. 5)												
0-50	423.9	10.1	10.3	18.7	0.02	1.9	62.5	9	2.3	0.1	27	15
50-100	671	278.9	97.5	165.7	0.14	0.6	1.3	0.3	20	5	25	10
100-150	137	112	101.6	20.4	0.74	0.2	2.9	0.2	5.7	1.9	7.1	3.1
150-200	22	97	55.4	444.5	2.5	4.5	11.3	0.4	31.3	1.7	0	2.8
200-250	96.1	66.4	174.9	50.7	1.8	0.8	1.1	1.7	0.1	10	2.7	0
250-270	85.8	10.2	45.7	7.6	0.53	0.7	0.06	0	0.3	0.2	3.5	0
среднее	239.3	95.8	80.9	117.9	1	1.5	13.2	1.9	10	3.2	10.9	5.2

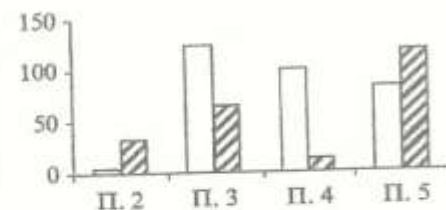
Переходная зона (П. 4)

Осоково-сфагновая топь (П. 5)

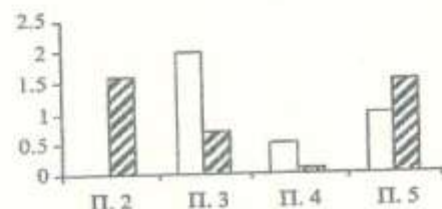
Аммонификаторы, 2002 г.



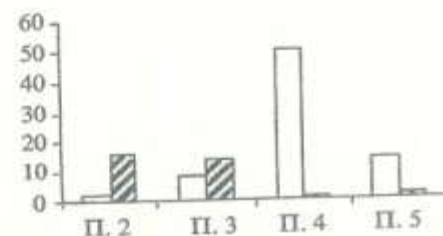
Микроорганизмы на КАА, 2002 г.



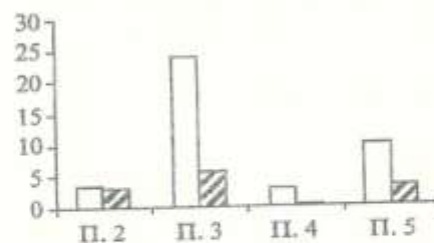
Коэффициент минерализации, 2002 г.



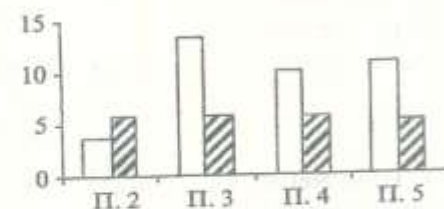
Нитрификаторы, 2002 г.



Денитрификаторы, 2002 г.



Аэробные разрушители целлюлозы, 2002 г.



□ май ▨ июль

Динамика микробиологической активности, среднее по профилю, $N \times 10^3$ клеток в 1 г с.п.

Численность микроорганизмов, усваивающих минеральные формы азота, изменяется от 0.0 до 44.5 млн клеток. Наименьшее количество содержащиеся в слое 0–50 см П. 3, а наибольшее – в слое 150–200 топи. Летом содержание этих микроорганизмов от глубины не зависит, а весной в П. 3 с увеличением глубины численность микроорганизмов возрастает.

На рисунке представлено среднее содержание некоторых групп микроорганизмов в каждом из исследуемых биогеоценозов. Содержание нитрифицирующих микроорганизмов весной колеблется от 0.06 тыс. до 6.3 млн клеток. Максимальное значение определено в осоково-сфагновой топи. Летом численность нитрификаторов несколько уменьшается (0.0–8.3). Максимальное значение наблюдается в слое 50–75 см П. 3, а минимальное в слое 250–270 см. Такое распределение связано с особенностями водно-воздушного режима.

Численность денитрифицирующих микроорганизмов в весенний период колеблется от 10 тыс. на глубине 2-х м до 12.5 млн клеток в слое 75–100 см. Летом максимальное количество – 3 млн. определено в слое 50–75 см П. 3, а минимальное – 6 тыс. в слое 25–50 см П. 2. Динамика содержания денитрификаторов в разных пунктах неоднозначна.

Особый интерес представляют аэробные разрушители целлюлозы. Их содержание колеблется в пределах 0.0–3.8 млн клеток в мае и 0.0–1.7 млн в июне. Весной большее количество этих микроорганизмов, в среднем по профилю, находится в П. 3, а меньшее – в П. 2. Летом содержание аэробных разрушителей целлюлозы по пунктам распределено равномерно.

Таким образом, проведенные исследования показали, что наибольшая биологическая активность характерна для низкого рьяма, а из микроорганизмов, обнаруженных в торфяных залежах преобладают аммонификаторы.

Работа выполнена под руководством чл.-корр. РАСХН Л.И. Инишевой.

Литература

1. Головченко А.В., Полинская Л.М. Сезонная динамика численности и биомассы микроорганизмов по профилю почвы // Почвоведение. 1996. № 10. С. 1227–1233.
2. Головченко А.В. Особенности пространственного распределения и структуры микробных комплексов болотно-лесных экосистем. Автореф. дис. ... канд. биол. наук. М., 1992. 25 с.
3. Асеева И.В., Бабьева И.П. и др. Методы почвенной микробиологии и биохимии: Учеб. пособие / Под редакцией Д.Г. Звягинцева. М., 1991. 304 с.

4. Зименко Т.Г., Самсонова А.С. и др. Микробные ценозы торфяных почв и их функционирование. М., 1983. 181 с.

5. Клевенская И.Л., Наплекова Н.Н., Гантимурова Н.И. Микрофлора почв Западной Сибири. Новосибирск, 1970. 224 с.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	3
Приветствие заместителя главы администрации Томской области В.И. Зинченко	5
Приветствие проректора по научной работе ТГПУ, профессора В.М. Зеличенко	6
Общие задачи и принципы организации и проведения Научной Школы «Болота и биосфера»	7
Часть I. Избранные лекции	8
Архинов В.С. Эколого-хозяйственные фонды при распределении торфяных ресурсов	8
Бахнов В.К. Роль древнейших болот планеты в становлении современной биосферы	13
Бахнов В.К. Биогеохимические аспекты развития болотных почв и болот	18
Головацкая Е.А. Биологическая продуктивность болот	30
Дырин В.А. Микробиологическая характеристика торфяных болот	41
Инишева Л.И. Роль болот в биосфере	53
Кабанов М.В. Современные климато-экологические изменения и болота Сибири	60
Петкевич М.В. Виды ландшафтов Бакчаро-Иксинского междуречья	72
Фомичев Е.Е., Инишева Л.И., Аристархова В.Е., Боровкова А.Ф., Дырин В.А., Савичева О.Г., Белова Е.В. Исследования торфяно-болотных экосистем на кафедре ботаники	81
Часть II. Выступления участников школы	86
Белова Е.В. Ферментативная активность выработанных торфяных почв	86

Волкова Е.М., Бузова О.В. Основные черты болотных экосистем Тульской области	96
Гырылова О.В. Влияние природных и антропогенных факторов на заболачивание дельты Селенги	100
Езупенок А.Э. К вопросу о заповедании части Васюганского болота	104
Езупенок Е.Э. Содержание макро-микроэлементов в торфах олиготрофного болота	108
Жильцова С.Г. Типы болотных березняков междуречья Оби и Томи	115
Ивченко М.В., Корабельникова С.В., Люкшина И.В., Ульянова О.А. Оценка эмиссии углекислого газа из коро-сапропелевых композиций при компостировании	118
Ипполитов И.И., Кабанов М.В., Катаев С.Г., Комаров А.И., Кусков А.И. О влиянии Васюганского болота на температуру окружающей среды	123
Кнорре А.А. Влияние различной степени заболачивания на прирост мха <i>Hylacomium splendens</i> (Hedw.) Schimp. in B.S.G.) в условиях северной и средней тайги	136
Савичева О.Г. Ферментативная активность низинных торфяных почв	143
Самокрайняя А.Н. Влияние удобрений на основе торфа на урожайность картофеля	151
Санникова Ю.В. Микробиологическая активность торфяных почв олиготрофного ряда	153

CONTENTS

Introduction	3
Greeting of the assistant of the chief of administration of Tomsk region V.I. Zinchenko	5
Greeting of the vice-rector on scientific work TSPU, professor V.M. Zelichenko	6
General tasks both principles of organization and realization of Scientific School «Bogs and biosphere»	7
Part I. Selected lectures	8
Arkhipov V.S. Ecological and economical fund when distribution of peat resources	8
Bachnov V.K. Role of the oldest bogs of planet in the formation the modern biosphere	13
Bachnov V.K. Biogeochemical aspect of development of the bog soils and bogs	18
Golovatskaya E.A. Biological productivity of bogs	30
Dyrin V.A. Microbiological characteristics of peat bog	41
Inisheva L.I. Role of bog in biosphere	53
Kabanov M.V. The modern climatic-ecological change and Siberian bog	60
Petkevich M.V. The type of landscape Bakchar and Iksa interstream	72
Fomichev E.E., Inisheva L.I., Aristarchova V.E., Borovkova A.F., Dyrin V.A., Savicheva O.G., Belova E.V. The researches of peat ecosystem on chair of botanical	81
Part II. Speech of the participant School	86
Belova E.V. Enzymatic activity of anthropogenic peat soil	86
Volkova E.M., Burova O.V. Basic feachurs of peat ecosystems Tula region	96

Gyrylova O.V. Influence natural and anthropogenic factories on the paludification of the delta the Selenga river	100
Ezupenok A.E. To a question about of reservation of a part Vasugan bog	104
Ezupenok E.E. The contents macro-microelements in peats of oligotrophic bog	108
Zhiltsova S.G. The type of bog birch forest Ob and Tom interstream	115
Ivchenko M.V., Korabelnikova C.V., Iukshina I.V., Ulyanova O.A. The estimation of emission carbon dioxide from bark-sapropel composition when composting	118
Ippolitov I.I., Kabanov M.V., Kataev S.G., Komarov A.I., Kuskov A.I. It is the influence of Vasugan bog for temperature of an environment	123
Knorre A.A. Influence of different degree of paludification on the growtyh of moss <i>Hylocomium splendens</i> (Hedw.) Schimp. in B.S.G.) in condition north and middle taiga	136
Savicheva O.G. Enzymatic activity of eutrophic peat soils	143
Samokrainyaya A.N. Influence of harvest potatoes fertilizer for the base of peat	151
Sannikova Yu.V. Microbiological activity of peat soils of oligotrophic landscape	153



Выступление участника Научной Школы С.Г. Жильцовой



В зале заседаний Первой Школы.
Лекцию ведет член-корреспондент РАН М.В. Кабанов



Выступление участника Научной Школы А.А. Кнорре



Выступление руководителя Научной Школы «Болота и биосфера»
члена-корреспондента РАСХН Л.И. Инишевой
В президиуме (слева направо): В.К. Бахнов, с. н. с. ИПА СО РАН,
В.А. Дырин, доцент кафедры ботаники ТГПУ



Подготовка к открытию Научной Школы
(монтаж фотографий с болотным ландшафтом)



Лектор М.В. Петкевич, доцент кафедры географии ТГУ



Участники Первой Научной Школы «Болота и биосфера»



Вручение сертификатов
участникам Первой Школы «Болота и биосфера»

