

Российский фонд фундаментальных исследований
Томский государственный педагогический университет
Томский государственный университет
Томский политехнический университет
Институт химии нефти СО РАН
Национальный торфяной комитет РФ
Томское отделение Докучаевского общества почвоведов

БОЛОТА И БИОСФЕРА

МАТЕРИАЛЫ ШЕСТОЙ ВСЕРОССИЙСКОЙ НАУЧНОЙ ШКОЛЫ

(10-14 сентября 2007 г.)

Томск 2007

УДК 551.0+556.56
ББК 26.222.7 + 28.081.8

Болота и биосфера: Сборник материалов шестой Всероссийской научной школы (10-14 сентября 2007 г.). Томск: Изд-во ФГУ «Томский ЦНТИ», 2007.

Сборник включает в себя избранные лекции ведущих специалистов и материалы молодых ученых по исследованию современного заболачивания ландшафтов, роли болот в биосфере, мелирации торфяных болот, комплексной оценке болотных ресурсов и их использования. Сборник может быть рекомендован для студентов, аспирантов, научных сотрудников, преподавателей естественно-научных специальностей.

The collection includes the elected lectures of conducting experts and materials of the young scientists working in the field of studying of modern bogging of landscapes, roles of bogs in biosphere, land improvements of peat bogs, a complex estimation of marsh resources and their uses. The collection could be recommend for the students, post-graduate students, researches, teachers of naturally – scientific specialities.

Научная Школа «Болота и биосфера» проведена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (грант № 07-05-06043).

Под редакцией:

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

Рецензенты:

академик Б.С. Маслов
к. ф.-м. н. Л.И. Дубровская

ISBN 978-5-89702-192-5

© Томский государственный
педагогический университет
© ФГУ «Томский ЦНТИ»

Введение

Западно-Сибирская равнина – крупнейшая на земном шаре, характерной особенностью которой является сильная заболоченность. Болота занимают три физико-географические зоны (лесостепь, тайга, тундра), в которых сосредоточено 39 % мировых запасов торфа.

Еще на картах, составленных С.У. Ремезовым в конце XVII века, в центральной части равнины на месте современного крупнейшего Васюганского болота изображалось огромное озеро-море. Только в 1925-1930 годах на территории Западной Сибири начала работать специальная экспедиция Государственного лугового института под руководством А.Я. Бронзова (1930). Им был впервые опубликован капитальный труд по стратификации торфяников, геологии и растительности Васюганского болота. В это же время Р.С. Ильин (1930) подробно охарактеризовал типы заболачивания и болота Нарымского края. Таким образом, было положено начало научным исследованиям болот Западной Сибири.

Позднее болота изучались многими крупными институтами, которые организовывали различные научные экспедиции. В научных статьях и монографиях подробно описано строение и развитие болотных массивов, их природоохранное значение как регуляторов водного баланса, гигантских естественных фильтров, поглощающих токсичные элементы, приведены количественные данные о запасах торфа и возможностях его использования в народном хозяйстве. Проблема изучения болот Западной Сибири давно привлекала внимание исследователей и в этой связи следует отдать дань уважения работам Д.А. Драницина (1914, 1915), А.Я. Бронзова (1930, 1936), Р.С. Ильина (1930), Н.Я. Каца (1929, 1946, 1948), М.И. Нейштадта (1932-1979), Л.В. Шумиловой (1947-1971), Н.И. Пьявченко (1954-1962), С.Н. Тюрёмнова (1956, 1957), Ю.А. Львова (1959-1995), Ф.З. Глебова (1965-1995), О.Л. Лисс (1974-1994), К.Е. Иванова (1953-1983) и многих других исследователей болот.

Уже в шестой раз проводится в Томске научная школа «Болота и биосфера», назначение которой – взрастить молодое поколение учёных в лучших традициях отечественной науки, знакомить с важнейшими проблемами торфования, формировать экологическое мировоззрение и умение решать сложнейшие вопросы, касающиеся решения как теоретических, так и практических задач рационального природопользования на торфяных болотах.

Доклады, представленные лекторами и молодыми участниками школы, охватывают широкий круг вопросов, начиная с важнейших проблем выброса тепличных газов (М.В. Глаголев, Н.А. Шнырев, Г.Г. Суворов),

процессов трансформации органического вещества (работы Н.Н. Бамбалова; Д.Л. Бобровской; Л.В. Касимовой; А.В. Кравец), биосферно-ландшафтной роли торфяного массива (А.И. Поздняков; А.Д. Позднякова) и генетической классификации торфов (Г.Л. Макаренко) и т.д., до имеющих сугубо практическое значение, связанное с направлением экологически безопасного и эффективного торфопользования в различных областях производства и сельского хозяйства.

Рассматривая инновационную деятельность как закономерный итог или завершающую стадию любого научного исследования, следует отметить её особую важность в данное историческое время кризисной экономической ситуации в торфяной промышленности. Одним из условий экономического подъёма отрасли является производство новых конкурентоспособных видов продукции.

Блок работ, представляющий разработки схем и технологий с использованием торфа, пожалуй, самый большой по объёму в публикуемых материалах Школы. Это работы по использованию торфа для получения теплоизоляционных и конструкционно-теплоизоляционных строительных материалов (Н.О. Копаница), в ветеринарии (Т.П. Жилиякова, С.Н. Удинцев, П.А.Кравецкий), в лечебных целях (О.А. Карелина, Т.М. Тронова), работы об эффективных новых видах органических удобрений на основе торфа, торфоминеральных смесях (Д.Л. Бобровская, Л.В. Касимова; Л.А. Демина; А.В. Кравец; А.А. Мещеряков, Е.М. Казаков) и т.д.

Ещё одна неявно присутствующая, но крайне важная цель Школы, – в доступной форме показать огромную роль болот Западной Сибири в биосфере, чтобы нам, живущим на этой земле, ее ценить и понимать.

*Научный руководитель Школы
Л.И. Иншиева*

**ПРИВЕТСТВИЕ АКАДЕМИКА РАН,
ПРОФЕССОРА МГУ
Глеба Всеволодовича Добровольского**

Уважаемые участники Школы!

Приветствую и поздравляю Вас с началом работы шестой Всероссийской научной школы «Болота и биосфера»!

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

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

Более 140 лет назад великий русский естествоиспытатель и основатель почвоведения Василий Васильевич Докучаев справедливо утверждал, что «Болота изучались до последнего времени главным образом с утилитарной точки зрения, – со стороны их вреда или пользы для человека. Сущность явлений осталась мало затронутой, а тут-то и кроется причина не успешности той борьбы, которую с давних пор ведет человек с болотами». Поэтому, говорил Докучаев, «прежде чем затрачивать миллионы на осушение болот, необходимо всесторонне изучить их. Иначе нам придется еще больше затратить и труда и средств, чтобы обводнить осушенную местность...».

Судя по программе шестой школы «Болота и биосфера», она как раз и направлена на разностороннее изучение роли болот в биосфере в самых разных направлениях, включая и вопросы разумной мелиорации торфяных болот и хозяйственного использования торфа.

Глубоко символично, что ежегодные научные конференции «Болота и биосфера» проходят в знаменитом сибирском городе Томске,

расположенном почти в центре огромной территории верховых и низинных болот Западной Сибири, являющимся одним из давних центров науки, образования и культуры России.

Я от всей души желаю всем участникам Школы и ее руководителям интересной и успешной работы на благо науки и достойной жизни!

*Председатель Научного Совета
Российской академии наук
по почвоведению, почетный президент
Докучаевского общества почвоведов.
Академик Г.В. Добровольский*

ЧАСТЬ I.
ЛЕКТОРСКИЙ СИМПОЗИУМ

АДСОРБЦИОННЫЕ СВОЙСТВА ТОРФА

В.С. Архипов, Ю.А. Лобова

Томский политехнический университет, г. Томск, kravtsov@tpu.ru

Изучены свойства торфа как адсорбента для глубокой очистки сточных вод от органических загрязнителей. В качестве модельных веществ использованы органические красители. Показано значительное влияние влажности, состава торфа, структуры органических соединений на величину адсорбции.

По современным представлениям торф является природным ионообменником и сорбентом. В нашей стране исследования сорбционных свойств торфа проводятся с середины прошлого века. Установлено повышенное сродство к ионам тяжёлых металлов – Cu, Zn, Co, Ni [1]. По ёмкости обмена (100 – 250 мг-экв/100г сухого вещества) торф относится к группе ионообменников с высокой степенью поглощения [2]. В последнее время большое внимание уделяется использованию торфа для очистки сточных вод (СВ) – промышленных и бытовых. В частности, ведутся работы по очистке техногенных вод от нефтепродуктов (НП), поглощению токсичных веществ и обезвреживанию СВ свиноферм, скотобоен, рыбоперерабатывающих заводов, красильных производств, очистке от моющих средств. В Западной Сибири использование торфа в процессах очистки СВ особенно перспективно в связи с его доступностью, дешевизной и высоким уровнем механизации торфодобычи.

Среди проводимых работ по очистке торфом СВ можно выделить два основных направления, существенно различающихся по своей физико-химической природе:

1. Очистка высококонцентрированных стоков, например, при аварийных разливах нефти и НП в процессах добычи, переработки и транспортировки этих продуктов;

2. Доочистка или глубокая очистка СВ до санитарных норм перед их выпуском в открытые водоёмы.

В первом случае загрязнитель присутствует в водной среде в объёмной фазе и может составлять значительную долю её объёма. При этом стоит задача сбора и удаления вещества-загрязнителя именно в его объёмном состоянии. Эффективность очистки определяется величиной контактной поверхности поглотителя (сорбента) и её сродством к веществу-загрязнителю. В частности, для поглощения НП наиболее пригодны гидрофобные материалы. Качество поглотителя оценивается величиной нефтеёмкости, которая может достигать до 30-40 кг нефти на 1 кг сухого поглотителя [3].

Второе направление ориентировано на стационарные очистные сооружения и представляет собой последнюю завершающую стадию очистки СВ многих производств: нефтепереработки, металлообработки, сельхозкомплексов, пищевых производств. При этом концентрация вредных примесей низка (менее 100 мг/дм^3), а их состояние варьирует от ионной формы до ассоциатов различной сложности, включая эмульсии различного состава (НП, жиры, красители, ПАВ). Адсорбционная очистка на этой стадии наиболее эффективна, т.к. позволяет достичь любой степени очистки.

Для адсорбционной очистки СВ могут быть использованы разнообразные природные и искусственные сорбенты. Наиболее известны активные угли (АУ). Однако их использование ограничено в связи с высокой стоимостью этих сорбентов. Поэтому ведутся поиски более дешёвых материалов, таких как отходы горно-рудного производства, отходы деревообработки и различные целлюлозосодержащие отходы. Торф в этом отношении особенно перспективен, т.к. является природным сорбентом, а торфяная залежь выполняет функции естественного фильтра, защищая поверхностные и грунтовые воды от загрязнения промышленными и сельскохозяйственными стоками.

Среди известных сорбентов торф выделяется своей высокой пористостью ($n=0.85-0.98$), гидрофильностью и структурными особенностями, унаследованными от растений-торфообразователей [4]. В традиционных зернистых сорбентах (АУ, силикагели, цеолиты) пористая структура является важнейшей характеристикой, определяющей их адсорбционные свойства [5]. Пористой структуре торфа свойственна нерегулярность и изменчивость пористого пространства под влиянием внешних условий [4]. Учёт этих особенностей необходим для успешного внедрения торфа в технологию очистки СВ.

Для эффективного использования торфа, как сорбента для доочистки СВ, на кафедре Химической технологии топлива ТПУ проводятся систематические исследования физико-химических закономерностей этого процесса. В данной работе изучено влияние на поглощение торфом следующих условий:

- 1) влажности торфа,
- 2) типа и вида торфа,
- 3) физико-химических свойств органических загрязнений.

Водную фазу торфа следует рассматривать как активный компонент, влияющий на структуру и адсорбционные свойства торфа. В частности, известно, что высушивание и особенно нагревание торфа повышает его гидрофобность и нефтёмкость в процессе поглощения нефти и НП в объёмном состоянии [1, 3]. Увлажнение торфа сопровождается набуханием и изменением пористой структуры [4].

Влияние влажности торфа на его адсорбционные свойства изучено на 8 образцах: торфа верхового (3 образца) и низинного (5 образцов) типа. Необходимая влажность в интервале 10-80 % достигалась путём высушивания исходного влагонасыщенного торфа. Для определения адсорбционных свойств торфа принят стандартный метод определения адсорбционной активности активных осветляющих углей марки ОУ по метиленовому голубому (ГОСТ 4453-74). В этом методе мерой адсорбционной активности является величина адсорбции Г, т.е. масса красителя метиленового голубого (МГ), поглощённого сорбентом.

В экспериментальной практике водорастворимые синтетические органические красители нашли широкое применение как модельные вещества для определения показателей адсорбции из водных растворов. Органические красители образуют в водных растворах ассоциаты различной сложности. Это их свойство позволяет использовать растворы красителей для оценки адсорбционных свойств сорбентов по отношению к НП и другим загрязнителям СВ с близкими физико-химическими свойствами. По мнению В.С. Яковлева [6] сорбционная ёмкость по мелассе и МГ особенно важна при осветлении воды и поглощении СПАВ и НП до концентрации 0.1-0.3 мг/дм³. Применение красителей для оценки качества сорбентов обусловлено рядом методических преимуществ: стабильность состава красителей, простота приготовления растворов, высокая чувствительность, экспрессность и надёжность фотоколориметрического определения концентрации красителей в растворе.

В связи с особенностями торфа как гидрофильного полидисперсного адсорбента методика была модифицирована. Адсорбция проводилась в статических условиях при циркуляции раствора МГ ($C=1000$ мг/дм³) в объёме ячейки с навеской торфа 1 г. Постоянная скорость циркуляции раствора МГ обеспечивалась дозирующим насосом. Величина адсорбции находилась по разности концентрации МГ до и после адсорбции с помощью фотоколориметра.

Для всех образцов торфа выявилась одна и та же закономерность: адсорбционная активность торфа существенно возрастает с увеличением влажности (рис. 1) от 12-22 мг/г абсолютно-сухого торфа до 60-160 мг/г. В области низкой влажности торфа (менее 40 %) величина адсорбции изменяется слабо, в среднем на 20 %. Наиболее значительно величина адсорбции возрастает при повышении влажности торфа выше 50 %. Подобная же зависимость выявлена при поглощении эмульгированных НП из СВ Томского подшипникового завода (РОЛТОМ). Определение адсорбции НП торфом выполнялось в условиях методически близких к определению адсорбции МГ. Исходное содержание НП в СВ составляло 15 мг/дм³. Анализ на содержание НП в СВ выполнялся методом УФ-спектроскопии [9]

с помощью спектрофотометра СФ-46. При увеличении влажности торфа величина адсорбции НП торфом возрастала от 3-3.5 до 22-28 мг/г абсолютно-сухого торфа (рис. 2). Зависимость величины адсорбции от влажности торфа имеет нелинейный характер и близка к степенной. По данным А.М. Когановского [7] подобная зависимость имеет место при адсорбции прямого красителя конго красного на геле гидроксида железа при изменении его влажности от водонасыщенного до воздушно-сухого состояния. Аналогичное изменение ёмкости поглощения происходит при адсорбции гумусовых веществ на гелях гидроксидов железа и алюминия [8]. Отсюда следует, что такая закономерность характерна для гидрофильных набухающих сорбентов различного происхождения.

Адсорбционная активность распространённых типов и видов торфа изучена на 23 образцах торфа, отобранных на месторождениях Томской области. Из них 8 образцов верхового торфа, 2 – переходного и 13 – низинного (табл. 1). Изученные образцы существенно различаются по своему ботаническому составу, степени разложения R, содержанию золы и пористой структуре. Поскольку рабочая влажность торфов была различной, экспериментальная величина адсорбции Γ пересчитана на условную влажность 70 % (Γ_{70}). Для этого использованы полученные ранее экспериментальные зависимости (рис. 1).

Величина адсорбционной активности торфов по метиленовому голубому изменяется в интервале 34-81 мг/г абсолютно-сухого торфа, т.е. более чем вдвое. Для большинства торфов (70 %) адсорбционная активность укладывается в интервал $\Gamma_{70}=60-70$ мг/г. Повышенной адсорбционной активностью отличаются торфа моховой и древесной групп, причём, тип торфа и степень разложения не отражаются на этой величине. Таким образом, не подтверждается распространённое мнение о высокой адсорбционной активности высокодисперсных гуминовых веществ торфа. Более того, самые высокие значения Γ_{70} свойственны верховым сфагновым торфам низкой степени разложения (табл. 1) В то же время проявилась пониженная адсорбционная активность топяных торфов с высоким содержанием травянистых растений-торфообразователей (осоки, вахта, шейхцерия).

Поглощающий комплекс торфа по аналогии с почвой [10] включает элементы химической и пористой структуры торфа, участвующие в поглощении из водной фазы разных по своему физико-химическому состоянию веществ. В настоящее время достаточно подробно изучены и количественно оценены ионообменные свойства торфа [2].

Гораздо меньше изучено адсорбционное поглощение торфом слабых органических электролитов, ассоциированных соединений, коллоиднорастворённых и эмульгированных веществ. В то же время именно эти формы поглощения преобладают в процессах очистки СВ от органических загряз-

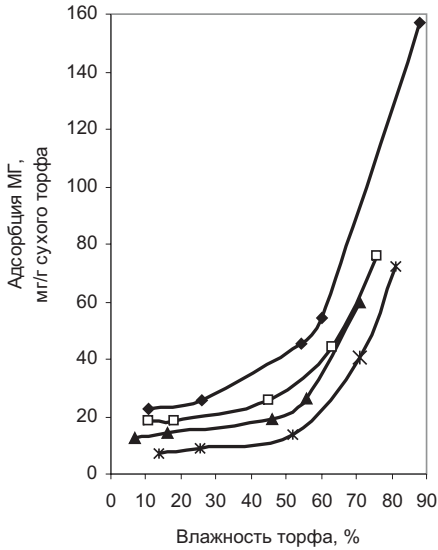


Рис. 1 Влияние влажности торфа на его адсорбционную активность по метиленовому голубому: Вид торфа: 1-в. фускум-торф ($R=5\%$); 2-н. травяно-гипновый ($R=40\%$); 3-в. сфагново-мочажинный ($R=15\%$); 4-н. осоковый ($R=30\%$)

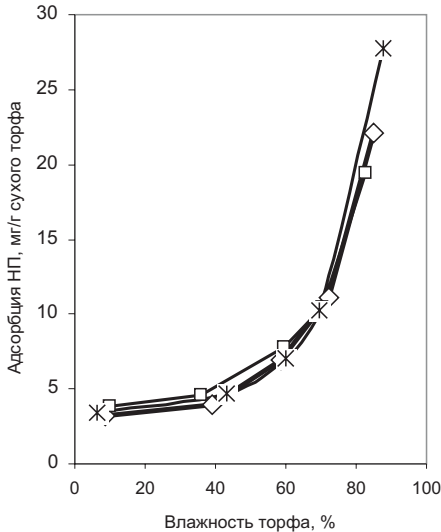


Рис.2. Влияние влажности торфа на его адсорбционную активность по нефтепродуктам. Вид торфа: 1-в. фускум-торф ($R=5\%$); 2-н. осоковый ($R=35\%$); 3-н. осоково-сфагновый ($R=15\%$)

нений. Для выяснения структур торфа, участвующих в поглощении подобных веществ из водной фазы, использованы водорастворимые синтетические органические красители различного строения. Предпосылкой для этого является единая физико-химическая природа процессов крашения текстиль-

Таблица 1

Адсорбционная активность торфов по метиленовому голубому

Вид торфа	Технический анализ торфа			Показатели адсорбции		
	Степень раз- ложения R, %	Зольность Ad, %	Wp, %	Получены при WP		Г70 (приведе- на к WP=70%) мг/г а.с.т.
				C, мг/л	Г, мг/г а-с. т.	
Верховой торф						
Фускум	5	2.1	57.0	158	48.3	80.0
Фускум	5	1.7	49.1	267	36.6	70.0
Магелланикум-фускум	10	1.9	70.0	117	73.6	73.6
Фускум	10	1.7	63.2	180	55.7	66.6
Сфагновый	10	2.9	40.2	267	30.5	81.1
Сфагново-мочажинный	15	4.0	57.1	142	50.0	70.0
Сфагново-мочажинный	15	2.5	77.5	219	86.8	54.0
Шейхцериевый	30	2.6	74.8	573	42.4	33.8
Переходный торф						
Осоковый Сфагновый	40	4.9	44.3	437	25.1	57.9
	10	7.1	66.1	91	66.7	74.2
Низинный торф						
Осоково-травяной	20	8.9	69.0	182	65.9	69.5
Травяно-осоковый	25	6.9	77.0	365	69.0	58.0
Осоковый	40	4.5	71.0	528	40.7	38.5
Осоковый	30	10.0	70.2	499	42.0	42.0
Осоково-гипновый	30	9.9	56.3	185	46.3	70.4
Осоково-гипновый	25	9.7	61.5	135	56.2	71.6
Травяно-гипновый	40	36.4	62.9	262	50.0	61.0
Гипновый	30	11.1	56.7	238	44.0	59.0
Гипновый	35	9.6	58.9	198	48.8	66.7
Гипновый	30	24.7	59.2	58	57.5	76.5
Древесно-осоковый	25	6.0	68.0	102	70.2	74.0
Древесно-травяной	45	14.8	43.1	150	37.3	74.0
Древесный	30	13.5	68.9	228	62.6	64.4

Примечание: С- конечная концентрация метиленового голубого.

Г – величина адсорбции метиленового голубого на торфе, мг/г а-с.т. (абсолютно-сухого торфа)

WP-рабочая влажность торфа, взятого на анализ

ных волокон и адсорбции органических загрязнений СВ природными сорбентами растительного происхождения. Известно [11], что поглощаемость красителей тканями связана с их химическим строением. В зависимости от своего строения красители в растворах частично диссоциируют на окрашенные катионы или анионы; часть вещества красителя остаётся в нейтральном (молекулярном) состоянии, или образует ассоциаты разной сложности. Таким образом, по адсорбции красителей известного строения на торфе можно судить о структуре поглощающего комплекса торфа.

В связи с этим изучена адсорбция на торфе водорастворимых органических красителей различного строения. В качестве адсорбента принят низинный травяно-осоковый торф одного из месторождений Томской области. Торф характеризуется нормальной зольностью ($A=6.9\%$), средней степенью разложения ($R=25\%$) и рабочей влажностью ($W=52-77\%$). Для исследования взяты 20 красителей, различных по своему химическому строению и сродству (поглощаемости) к текстильным тканям. Среди них представлены как основные (катионные), так и кислотные (анионные), а также прямые красители (табл. 2).

По величине адсорбции Γ_{70} изученные красители можно разделить на 3 группы. Большинство красителей (11 из 20) характеризуется средней величиной адсорбции $\Gamma_{70}=30-60$ мг/г абсолютно-сухого торфа (табл.2). В эту группу входят красители различных классов – основные, кислотные и прямые. Высокой адсорбционной активностью ($\Gamma_{70}>60$) отличаются многие основные красители (метиленовый голубой, метиловый фиолетовый, родамин 6Ж) и отдельные представители кислотных и прямых красителей. В группу слабосорбирующихся красителей ($\Gamma_{70}<30$ мг/г), входят, в основном, кислотные и прямые красители. Самой низкой величиной адсорбции характеризуется кислотный краситель флуоресцеин и прямой голубой светопрозрачный (табл. 2), который практически не поглощается торфом.

Различная поглощаемость органических красителей торфом, очевидно, связана с их физико-химическими свойствами: знаком заряда красящего иона, молекулярной структурой красителя, природой функциональных групп. Среди красителей одного класса (триарилметановые или ксантеновые) более высокой сорбируемостью отличаются катионные красители, образующие в растворе цветные катионы. Этот факт согласуется с известными ионообменными свойствами торфа и его способностью поглощать катионы металлов. В то же время некоторые кислотные и прямые красители, образующие в растворе окрашенные анионы, также проявляют среднюю и даже повышенную адсорбционную активность. Анализ строения таких красителей показывает, что в их составе присутствуют функциональные группы основного характера – NH_2 , CH_3 , C_2H_5 . Наличие подобных групп

способствует адсорбции красителей на торфе. Присутствие в структуре красителя кислых функциональных групп (ОН,СООН), наоборот, снижает их адсорбционную активность.

Из теории и практики крашения известно, что красители разных классов отличаются сродством к тканям определённого происхождения (растительные, белковые, синтетические). В частности, прямые или субстантивные красители хорошо сорбируются тканями растительного происхождения со структурой целлюлозы. На торфе такие красители (прямой алый, конго красный) сорбируются слабо (табл.2). Отсюда следует, что в молекулярной структуре торфа фрагменты целлюлозы составляют незначительную часть или труднодоступны для красителя.

В целом выявилась определённая корреляция между молекулярной структурой красителя и его адсорбционной активностью по отношению к торфу. Среди изученных красителей различного строения повышенной адсорбционной активностью отличаются соединения с разветвлённой структурой типа арилметана, ксантена. Соединения с линейной молекулярной структурой, в частности, прямые красители отличаются пониженной адсорбционной активностью.

Полученная информация позволяет конкретизировать структуру поглощающего комплекса торфа. Наиболее вероятную молекулярную структуру поглощающего комплекса торфа можно представить в виде соединения фенольного типа с разветвлённой структурой подобной арилметановым красителям. Простейшими представителями таких фенолов являются гидрохинон, пирокатехин, пирогаллол. В органической массе торфа они присутствуют в виде фрагментов полимерных фенолов растительного происхождения: таннина, лигнина, гуминовых кислот. Как продукты биохимического распада растительного вещества фенолы различного строения присутствуют во всех морфологических частях торфа. В сфагновых малоразложившихся торфах преобладают фенолы простого строения (протогумины) с повышенным содержанием кислых групп, придающих таким торфам высокую кислотность, адсорбционную активность, биохимическую устойчивость и антисептические свойства.

В заключение следует отметить результаты, важные для технологии глубокой очистки СВ. В отличие от процессов очистки концентрированных промстоков целесообразно использовать торф с высокой влажностью (выше 50 %). При этом могут быть использованы торфа разных типов. Наиболее высокие показатели адсорбции свойственны малоразложившимся торфам моховой группы, а также лесным видам торфа. Присутствие травянистых остатков (осоки, вахта, шейхцерия) отрицательно сказывается на адсорбционных свойствах торфа. Благоприятствуют адсорбции на торфе следующие физико-химические свойства загрязните-

Адсорбция органических красителей на низинном травяно-осоковом торфе

Название красителя	Химическое строение красителя		Показатели адсорбции		
	Класс красителя	Химическая формула	Получены при Wp торфа		
			C, мг/л	Г, мг/г а.-с.т.	
Основные (катионные) красители					
Бриллиантовый зел.	Триарилметановые	$C_{27}H_{31}N_2O_4Na$	357	70	54
Кристаллический фиолетовый	Триарилметановые	$C_{25}H_{30}N_3Cl$	365	71	55
Метилловый фиолетовый	Триарилметановые	$C_{24}H_{26}N_3Cl$	72	48	67
Метилен голубой	Тиазиновые	$C_{16}H_{18}N_3SCl$	100	47	65
Родамин 6 Ж	Ксантеновые	$C_{27}H_{31}O_3N_2Cl$	242	82	63
Кислотные (анионные) красители					
Ализарин красный С	Оксиантрахиноновые	$C_{14}H_9NaO_8S$	212	41	57
К. чисто голубой антрахиноновый	Оксиантрахиноновые	$C_{21}H_{15}O_5N_2BrS$	285	68	57
К. ярко-синий антрахиноновый	Оксиантрахиноновые	$C_{32}H_{28}N_2O_8S_2$	816	18	14
Флуорескон (кальцеин)	Ксантеновые	$C_{30}H_{26}O_{13}N_2$	279	69	57
Флуоресценци натрий (уранин)	Ксантеновые	$C_{20}H_{10}NaO_5$	850	8	11
Фуксин кислотный	Триарилметановые	$C_{20}H_{17}O_9N_3Na_2S_3$	388	66	51

Бромтимоловый синий	Триарилметановые	$C_{27}H_{31}Br_2NO_5S$	450	23	32
Метилловый красный	Моноазокраситель	$C_{15}H_{14}Na N_3O_2$	390	32	44
Метилловый оранжев.	Моноазокраситель	$C_{14}H_{14}N_3O_3 S Na$	131	45	63
К. хром темно-синий	Хромовый азокраситель	$C_{16}H_9N_2Na_2O_9 S_2Cl$	568	23	31
Индиго кармин	Индигоидные	$C_{12}H_{10}N_2 O_8 S_2$	750	27	21
Прямые красители					
Прямой алый	Дисазокраситель	$C_{35}H_{27}O_8N_7S_2$	522	25	34
Конго красный	Дисазокраситель	$C_{32}H_{22}N_6Na_2O_6 S_2$	435	29	41
Прямой голубой светопро- чный	Трисазокраситель	$C_{43}H_{22}Na_4 O_{13} S_4$	956	5	4
Хризофенин	Дисазокраситель	$C_{30}H_{28}N_4 O_8 S_2$	140	82	68

Примечание: К-кислотный; С-конечная концентрация красителя в растворе;
Г-величина адсорбции красителя на торфе, мг/г а.-с.т. (абсолютно-сухого торфа);
Wp-рабочая влажность торфа, равная 52-77 %.

лей: положительный заряд растворённых частиц, молекулярное строение по типу триарилметана, а также присутствие функциональных групп, повышающих основность соединения ($\text{NH}_2, \text{C}_2\text{H}_5, \text{CH}_3$).

Литература

1. Белькевич П.И., Чистова Л.Р. Торф и проблема защиты окружающей среды. Минск: 1979. 55 с.
2. Лиштван И.И., Базин Е.Т., Гамаюнов И.И., Терентьев А.А. Физика и химия торфа. М.:1989. 304 с.
3. Каменщиков Ф.А., Богомольный Е.И. Нефтяные сорбенты. Москва-Ижевск:2005. 268 с.
4. Лиштван И.И., Базин Е.Т., Косов В.И. Физические свойства торфа и торфяных залежей. Минск: 1985. 40 с.
5. Кельцев Н.В. Основы адсорбционной техники. М.: 1984. 592 с.
6. Яковлев В.С. Хранение нефтепродуктов. Проблемы защиты окружающей среды. М.: 1987. 152 с.
7. Когановский А.М. Адсорбция и ионный обмен в процессах водоподготовки и очистки сточных вод. Киев: 1983. 240 с.
8. Глазовская М.А. Геохимия природных и техногенных ландшафтов СССР. М.: 1988. 328 с.
9. Юдилевич Ю.М. Определение содержания нефтепродуктов в производственных и сточных водах. М.:1972. 64 с.
10. Тишкович А.В. Свойства торфа и эффективность его использования на удобрение. Минск: 1978. 152 с.
11. Мельников Б.Н., Виноградова Г.И. Применение красителей. М.: 1986. 240 с.

Adsorptive property of peat V.S. Arkhipov, J.A. Lobova

It was study peat as adsorbent for deep cleaning from organic pollution. As model, substance was used organic dye. It was show significant influence moisture, structure of peat, structure organic formation on value adsorbtion.

АНАЛИЗ БИОГЕОХИМИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ РАЗЛОЖЕНИЯ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА

Н.Н. Бамбалов

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

Причиной формирования торфа с разной степенью разложения является разное содержание лигнина в растениях торфообразователях, а первопричиной формирования болотных фитоценозов с разной продукцией лигнина является содержание кислорода и питательных веществ для растений в болотных субстратах и водах. В совокупности это обуславливает образование разных генетических видов торфа с присущими им диапазонами степени разложения.

Торфяные месторождения формируются в результате благоприятного сочетания трёх основных процессов, первым из которых является фотосинтез органического вещества (ОВ) болотными растениями [1]. При отсутствии болотной растительности на переувлажнённых территориях формируются водоёмы. Второй необходимый процесс – неполная минерализация ОВ отмерших болотных растений, причём одной из стадий минерализации является гумификация. Если же минерализация отмершего ОВ полная или почти полная, то формируются не торфяные месторождения, а минеральные переувлажнённые земли. Третий процесс – аккумуляция частично разложившихся и гумифицированных растительных остатков с последующими вторичными изменениями образовавшегося торфа.

Анализ природных факторов, обеспечивающих эти процессы, изложен в публикациях [1–7]. Космические факторы (свет, тепло) создают благоприятные условия для фотосинтеза и круговорота воды, земные биологические (растительный покров, фауна, микроорганизмы) и абиотические факторы (широта и долгота местности, рельеф, увлажнение, температура, геологическое строение, гидрология, гидрография и др.) в определённых сочетаниях создают благоприятные условия для образования и аккумуляции торфа. Показано [1–3], что гидротермическими и биологическими факторами разложения ОВ удачно объясняется лишь общий механизм торфообразования и место его локализации, но не объясняется, почему виды торфа, формирующиеся в разных гидротермических условиях имеют одинаковую степень разложения, и наоборот, почему в одинаковых условиях увлажнения, температуры и аэрации формируются виды торфа с большой разницей в степени разложения. Это можно наблюдать повсеместно. На-

пример, на низинных болотах таковыми являются гипновый, осоковый, древесный и тростниковый виды торфа, на верховых – сфагновые, пушицевый и сосновый. Весьма часто в пределах одного болота виды торфа с разной степенью разложения залегают на одинаковой глубине в непосредственной близости и соприкасаясь друг с другом.

В отличие от сторонников гидротермической, антисептической и других гипотез, В.Е. Раковский [8–12] впервые предпринял попытку заложить биогеохимический фундамент в понимание процессов накопления ОВ в болотной среде и превращения его в ископаемые твёрдые топлива. Он первый обратил внимание и неоднократно подчеркивал, что первопричиной, определяющей химический состав топлива, является химический состав исходных растений, а формирование растительного покрова зависит от условий увлажнения и химического состава болотных вод. Как видим, В.Е. Раковский объяснял условиями увлажнения не степень разложения торфа, а ботанический состав растительного покрова болот. Такой подход позволил определить факторы, влияющие на качество торфа, и сформулировать их в виде следующих постулатов, которые приводятся ниже дословно в оригинальной редакции В.Е. Раковского [9, с. 124]:

1. Приматом является среда, т.е. условия обитания растений (гидрохимия).
2. Следствием конкретной среды являются определённые растительные группировки.
3. Ботанический вид торфообразователей имеет свой характерный, присущий виду химический состав.
4. Последний обуславливает уровень интенсивности микробиологического распада, который приводит к образованию различных торфов, но всегда определённого состава, предопределяющего, в свою очередь, характер и глубину химических превращений топлива в последующих стадиях.

Таким образом, В.Е. Раковский был первым, кто понял, что глубина преобразования исходных материалов и химический состав торфа зависят от геохимических и гидрохимических условий формирования растительного покрова болот. До его публикаций С.Н. Тюремнов [4] установил, что каждому виду торфа соответствует чётко ограниченная область степени разложения торфа, однако он ошибочно объяснял этот правильно наблюдаемый факт влиянием климатических условий [4, 5]. Как подчёркивал В.Е. Раковский на основании сравнительного анализа степени разложения торфа из разных климатических зон планеты, «химический состав и устойчивость растений являются настолько мощным фактором, что его не перекрывает действие климата» [8, с. 139]. Действительно, в любых климатических условиях формируются виды торфа с малой, средней и большой степенью разложения [2, 3, 13–17], поэтому не климат определяет её величину.

И.И. Лиштван и Н.Т. Король [18] на основе анализов многих сотен образцов из различных торфяных месторождений России установили наличие достоверных корреляционных связей между содержанием отдельных химических компонентов торфа, его степенью разложения, зольностью, теплотой сгорания и величиной рН. К сожалению, они не объяснили причин различий в степени разложения разных видов торфа, но богатейший фактический материал позволил им разработать простые и быстрые методы оценки качества торфяного сырья для различных направлений использования. Тем самым обнаруженная В.Е. Раковским взаимосвязь между гидрохимическими условиями формирования торфа, его степенью разложения и химическим составом была не только окончательно доказана, но и нашла свою практическую реализацию при оценке качества торфяного сырья.

Вместе с тем, при всей научной обоснованности, логичности и привлекательности постулаты В.Е. Раковского, правильно отображая связь степени разложения торфа с его химическим составом, не позволяют объяснить величину степени разложения каждого конкретного его вида, потому что в постулатах не сказано, какие именно химические компоненты торфообразователей обуславливают образование в торфе гумифицированных частиц, аккумуляция которых ведёт к увеличению степени разложения.

В.Е. Раковский пытался объяснить различия в степени разложения торфа различным содержанием в растениях торфообразователях углеводов, прежде всего легкогидролизуемых. Однако, как показал анализ всех имеющихся материалов [1–3], в этом случае невозможно объяснить одинаково низкую величину степени разложения моховых (гипновых и сфагновых) видов торфа, поскольку мхи содержат углеводов не меньше, чем тростник и древесные растения, но последние образуют торф с высокой степенью разложения. Соответствующие данные представлены в таблице.

В.Е. Раковский очень близко подошёл к созданию биогеохимической теории, которая объясняла бы величину степени разложения разных генетических видов торфа, но категорическое отрицание им роли лигнина в образовании гуминовых веществ [8–10] не позволило ему завершить разработку этой теории. По его мнению, «сохранение в торфе с возрастом лигнина свидетельствует о том, что последний не является источником образования гуминовых кислот в любых условиях и на любой стадии гумификации» [10, с. 209]. Это очень категоричное и странное утверждение противоречит результатам экспериментальных исследований М.И. Кононовой [19], С.М. Манской, Л.А. Кодиной [20], И.М. Курбагова [6], В. Фукса [21], С.А. Ваксмана [22], В. Фляйга [23], Ф. Фишера и Г. Шрадера [24], Д.С. Орлова [25] и многих других. Ошибка В.Е. Раковского состояла в том, что он отождествлял содержание лигнина в растениях и соответствующих им видах торфа с содержанием негидролизуемого остатка, величина которого практически

мало изменялась с изменением степени разложения торфа. Так, в одной из его работ [12] сказано, что негидролизуемый остаток торфа «принимается за лигнин». Именно поэтому В.Е. Раковский полагал, что лигнин растений торфообразователей накапливается в торфе параллельно с образованием гуминовых веществ (ГВ), которые, по его мнению, формируются без участия лигнина [8–10]. При этом не учитывался тот факт, что лишь от 5 до 16 % первоначальной органической массы отмерших болотных растений превращается в торф. Создавалась иллюзия стабильности содержания лигнина в процессе гумификации торфообразователей.

Позже многими исследователями было экспериментально доказано, что в составе негидролизуемого остатка находится не только лигнин, но и ряд других веществ – кутин, суберин, промежуточные продукты гумификации, ангидридные формы гуминовых кислот, протеины и др. Балансовые исследования в полевых условиях показали [26], что только в течение первого года гумификации отмерших растений в торфогенном слое расходуется 42 – 48 % лигнина, и в последующие годы его количество продолжает убывать. При переходе от растений к соответствующим видам торфа от первоначального количества лигнина, созданного болотными фитоценозами, в торфе сохраняется лишь 0.3–2 %, а остальные 98 % лигнина в торфе не сохраняются. Это не было учтено В.Е. Раковским при оценке роли лигнина в образовании ГВ, а весьма приблизительное постоянство количества негидролизуемого остатка в торфе порождало иллюзию неучастия лигнина в процессе гумификации. В конечном итоге это и привело выдающегося учёного к фатальной ошибке.

Несмотря на незавершённость теоретических обоснований В.Е. Раковского, обусловленную существовавшим при его жизни недостатком знаний о превращениях лигнина в болотной среде, сформулированные им постулаты явились первым научным обобщением, заложившим основы понимания механизмов торфообразования с позиций биогеохимии. В мировой науке о торфе это было не только крупнейшим, но и выдающимся научным обобщением, впервые установившим взаимосвязь качества торфа со средой его формирования. Используя это выдающееся достижение, соединяя его с новыми знаниями, полученными после смерти В.Е. Раковского, развивая его идею и соединяя её с современными результатами многих экспериментальных исследований механизма образования ГВ [6, 19–26], ученик В.Е. Раковского, автор этой статьи, взял на себя труд завершить обоснование биогеохимической теории разложения ОВ в болотной среде, которая позволяет объяснить величину степени разложения разных генетических видов торфа. Суть предлагаемой теории заключается в следующем.

Степень разложения торфа возрастает с увеличением в нём суммарного содержания гумифицированных частиц и мелких негумифицирован-

ных фрагментов растительных тканей, утративших клеточное строение. При этом негумифицированные частицы минерализуются сравнительно быстро, и их количество в торфе постепенно убывает. Гумифицированные частицы более устойчивы к минерализации и накапливаются в процессе формирования торфа. Возрастание или невозрастание степени разложения торфа зависит от того, какими темпами идёт накопление в нём суммарного количества гумифицированных и негумифицированных частиц, утративших клеточное строение. В конечном итоге, чем больше накапливается в торфе гумифицированных частиц, тем выше его степень разложения.

Главным отличием и причиной медленной минерализации ГВ является наличие в их молекулах систем ароматического полисопряжения, обязательными фрагментами которых являются паркетно-сопряженные бензольные кольца типа нафталина, антрацена и другие конденсированные фрагменты, например, бензофураны, а также наличие большого разнообразия химических связей, соединяющих отдельные звенья в их макромолекулах, затрудняющих их ферментативную деполимеризацию [26]. Именно конденсированные системы ароматического полисопряжения обуславливают коричневую окраску и высокую биохимическую устойчивость ГВ.

Источником ароматических структурных единиц для построения молекул ГВ торфа являются ароматические вещества, продуцируемые микроорганизмами, живущими в торфогенном слое, и ароматические вещества, содержащиеся в растениях торфообразователях, главным образом – лигнин, антоцианы, флавоноиды и хлорофилл. Органические вещества, продуцируемые микроорганизмами, имеют низкую молекулярную массу и хорошую растворимость в воде, поэтому в условиях высокого увлажнения торфяных залежей их основная часть выносится за пределы болот горизонтальными и вертикальными водными потоками и не принимает участия в образовании ГВ торфа. Это же происходит и с низкомолекулярными ароматическими водорастворимыми веществами растений и продуктами разложения хлорофилла. Вот почему в специфических условиях болотной среды главным источником ароматических соединений для формирования молекул ГВ является нерастворимый в воде лигнин. Чем больше в растениях торфообразователях содержится лигнина, тем больше может быть продуцировано ГВ в процессе торфообразования. По нашим и литературным данным [20, 27], минимум лигнина содержится во мхах и осоках, а максимум – в тростнике и древесных растениях.

Как видно из данных таблицы, тростник и ольха содержат в 4–10 раз больше лигнина, чем сфагновые и гипновые мхи. Это означает, что при гумификации тростника и древесных растений может образоваться значительно больше ГВ, чем при гумификации гипновых и сфагновых мхов.

Химический состав растений торфообразователей в % на органическую массу и диапазоны степени разложения соответствующих видов торфа, %

Растения	Влажность торфяного слоя, %	Гемипцеллюлозы	Целлюлоза	Лигнин	Степень разложения торфа
Sphagnum magellanicum	90	43.2	11.8	1.3	5–20
Calliergon cuspidatum	91	29.2	19.4	1.4	5–20
Carex	93	27.0	29.2	4.3	15–35
Eriophorum vaginatum	90	24.5	27.0	7.0	30–70
Phragmites australis	96	37.0	16.2	6.0–8.2	25–60
Alnus glutinosa, д/л[*])	89	-	-	2.8-12.0	35–50
Pinus, д	92	20.0	48.0	27.0	35-60

Примечание: *) д – древесина, л – листья

Поскольку во мхах имеется мало строительного материала для формирования молекул ГВ, то независимо от условий увлажнения моховые виды торфа всегда содержат мало ГВ и поэтому имеют невысокую степень разложения. Факт высокой скорости минерализации ОВ сфагнового торфа при оптимальных гидротермических условиях без увеличения степени разложения доказан экспериментально [3, 26].

В противоположность этому, из тростника и древесных растений формируются виды торфа, у которых степень разложения, как правило, не менее 30 %, потому что в этих растениях имеется многократно больше лигнина, и при их гумификации образуется существенно больше ГВ по сравнению со мхами и осоками.

Как видно из данных таблицы, высокая степень разложения торфа обусловлена не величиной влажности торфяного слоя, а количественным содержанием лигнина в растениях торфообразователей. Предлагаемая теория объясняет различия в степени разложения разных генетических видов торфа не различиями водно-воздушного режима торфяного слоя, как это предусмотрено гидротермической гипотезой [4, 5], а различиями химического состава растений торфообразователей.

Предлагаемая теория по своей сути является биогеохимической. «Био» означает, что ведущим фактором формирования степени разложения торфа является биологический (растения, беспозвоночные и микроорганизмы), а не абиотические (температура, влажность среды торфообразования). «Гео» означает, что степень разложения торфа зависит от формирования и аккумуляции геополимеров – ГВ, формирующихся не в живых растениях, а в поверхностном слое земной коры. «Химическая» означает, что гидрохимические условия болотной среды являются определяющими при формировании растительных сообществ и биохимических процессов в живых растениях, образующих торф с разной степенью разложения, типичной для его каждого генетического вида.

Следующие семь постулатов раскрывают суть предлагаемой теории и объясняют первопричину формирования видов торфа с разной величиной степени разложения.

1. Степень разложения торфа увеличивается пропорционально увеличению в нём объёма гумифицированных частиц, хотя и не определяется только ими.

2. В условиях болотной среды лигнин является основным источником ароматических структурных единиц для формирования молекул ГВ.

3. В торфогенном слое формируются виды торфа с низкой, средней или высокой степенью разложения в зависимости от содержания лигнина в исходных растениях торфообразователях: чем больше растения содержат лигнина, тем выше степень разложения образующегося из них торфа.

4. Растения с высоким и низким содержанием лигнина произрастают на болотах всех генетических типов (низинный, переходный, верховой), поэтому величина степени разложения торфа зависит не от типа торфа, а от ботанического состава сформировавших его фитоценозов, обуславливающих большее или меньшее продуцирование лигнина.

5. Формирование болотных фитоценозов с различным ботаническим и химическим составом зависит от сочетания водно-воздушного режима корнеобитаемого слоя и геохимического состава субстрата и болотных вод на каждом конкретном участке болота, причём, эти условия могут изменяться на разных стадиях эволюции торфяных залежей.

6. Продолжительность формирования торфа в торфогенном слое из отмерших растений составляет 200–500 лет. В течение столь длительного времени под влиянием климатических и гидрологических факторов в торфогенном слое неизбежны периоды с амфибиальным водно-воздушным режимом, обеспечивающим благоприятные условия увлажнения и аэрации для протекания биохимических и абиотических процессов гумификации для всех видов отмерших болотных растений независимо от их химического состава.

7. В связи с этим первопричиной формирования торфа с разной величиной степени разложения является содержание кислорода и питательных веществ для растений в болотных субстратах и водах, обуславливающих формирование фитоценоза, образующего тот или иной генетический вид торфа с присущим ему диапазоном степени разложения.

Литература

1. Бамбалов Н.Н. Космические и земные факторы торфообразования // Торфяная промышленность. 1991. С. 2-7.
2. Бамбалов Н. Н. Роль гидротермических факторов в разложении органического вещества растений-торфообразователей // Природные ресурсы. 2005. № 1. С. 44–52.
3. Бамбалов Н. Н. Роль биологических факторов в разложении органического вещества растений-торфообразователей // Природные ресурсы. 2005. № 1. С. 44–52.
4. Тюремнов С. Н. Торфяные месторождения. М.: Госэнергоиздат, 1940. 371 с.
5. Тюремнов С.Н. Торфяные месторождения. М.: Недра, 1976. 488 с.
6. Курбатов И.М. Химическое исследование торфогенного слоя. // Тр. НИИ торфа. 1934. Вып. 14. С. 79–120.
7. Доктуровский В.С. Торфяные болота. ОНТИ НКТП СССР. М.–Л.: 1935. 224 с.
8. Раковский В.Е. Теории и факты в области происхождения торфов // Химия и генезис твёрдых горючих ископаемых. Тр. Первого всесоюзного совещания. 1953. С. 44–54.
9. Раковский В.Е. Химическая сущность процессов диагенеза торфа // Органическое вещество современных и ископаемых осадков. М.: Наука, 1970. С. 120–142.
10. Раковский В.Е., Пигулевская Л.В. Химия и генезис торфа. М., 1978. 231 с.
11. Пигулевская Л.В., Раковский В.Е. Химический состав торфообразователей и влияние его на состав торфов // Тр. Ин-та торфа. Мн., 1957. Т. 6. С. 3-11.
12. Раковский В.Е., Ривкина Х.И. Состав органического вещества вод торфяных залежей // Химия и генезис твердых горючих ископаемых. М., 1953. 344 с.
13. Болота Европейского Севера СССР. Петрозаводск, 1980. 238 с.
14. Кац Н.Я. Болота земного шара. М.: Наука. 295 с.
15. Пидопличко А.П. Торфяные месторождения Белорусской ССР. Минск. 1961. 192 с.

16. Tropical peat resources – prospects and potential. // Proc. of the Symp. of Commission I–III. Kingston, Jamaica. 1985. 320 p.
17. Global peat resources. Edited by E. Lappalainen. Jyska, Finland. 1996. 360 p.
18. Лиштван И.И., Король Н.Т. Основные свойства торфа и методы их определения. Минск: Наука и техника, 1975. 318 с.
19. Кононова М.И. Органическое вещество почвы. М.: Наука, 1963. 314с.
20. Манская С.М., Кодина Л.А. Геохимия лигнина. М., 1975.
21. Fuchs W. Die Chemie der Kohle. Berlin, 1931.
22. Ваксман С.А. Гумус. М., 1937.
23. Flaig W. Landbauforschung Volkenrode. 1967. №17.
24. Fischer F., Schrader H. Brennstoff Chemie. 1921. V. 2. 37 p.
25. Орлов Д.С. Химия почв. М.: Изд. Моск. ун-та. 1985. 376 с.
26. Бамбалов Н.Н. Минерализация и трансформация органического вещества торфяных почв при их сельскохозяйственном использовании. Дисс... докт. с.-х. наук. Минск. 1983.
27. Лукошко Е.С., Бамбалов Н.Н., Круковская Л.А., Смычник Т.П. Диоксан-лигнин растений-торфообразователей // Химия древесины. 1982. №2. С. 40-44.

The analysis of biogeochemical factors of decomposition of organic substance

N.N. Bambalov

The reason of formation of peat with a different degree of decomposition is the different contents lignin in plants peatdeposit, and an original cause of formation marsh phitocenosis with different production lignin is the contents of oxygen and nutrients for plants in marsh substrata and waters. In aggregate it causes education of different genetic kinds of peat with ranges of a degree of decomposition inherent in them.

ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРИРОДНЫХ АГРОХИМИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ В КАЧЕСТВЕ УДОБРЕНИЙ

Г.П. Гамзиков

Новосибирский государственный аграрный университет, г. Новосибирск

Рассмотрены перспективные возможности использования природных агрохимических руд в качестве удобрений и мелиорантов в сибирском земледелии.

Получение урожаев сельскохозяйственных культур в сибирском земледелии на протяжении длительного периода базировалось на использовании нативного плодородия почв. Лишь в короткий период активной интенсификации и химизации земледелия (1970-1990 гг.) применение удобрений увеличивалось нарастающими темпами достигнув максимума в 1986-1990 гг. В эти годы среднегодовое внесение минеральных удобрений на гектар пашни составило 52 кг действующего вещества, органических – 2,4 т, что позволило иметь наиболее высокую интенсивность баланса элементов питания и, соответственно продуктивность сельскохозяйственных культур [1]. В сегодняшней экономической ситуации на селе применение удобрений резко сократилось – органических в 8-12 раз, минеральных – более чем в 15 раз.

Резко выраженный дефицит элементов минерального питания в земледелии региона в течение последних пятнадцати лет неуклонно ведёт к истощению эффективного и потенциального плодородия почв, а, следовательно, к снижению продуктивности сельскохозяйственных культур.

В качестве эффективного средства улучшения агрохимических свойств почв и обеспечения растений элементами питания могут быть ресурсы природного агрохимического сырья (схема). В Сибири разведаны достаточно большие запасы природных агроруд: органического (торф), органоминерального (торфовивианиты, сапропели) и минерального происхождения (вивианиты, фосфориты, известняки, мергель, гипс и др.).

В сельскохозяйственном производстве Сибирского федерального округа вполне реально использовать ежегодно до 5 млн. т торфа. Если основная его часть будет внесена на поля через подстилку скоту и птице, а также через компосты, тепличные грунты и другие виды органических удобрений, то это позволит ежегодно пополнять плодородие сибирской пашни

органическим веществом (на 1800 тыс. т), азотом (на 37 тыс. т), фосфором (на 3.5 тыс. т), и калием (на 25 тыс. т).

Все виды слаборазложившегося (<15-20 %) и малозольных (<10 %) торфов могут использоваться для подстилки в животноводческих помещениях и для смешивания с жидким и полужидким навозом, а также птичьим помётом. В качестве компонента для приготовления компостов и торфо-минеральных удобрений с твёрдым и жидким навозом, животноводческими и бытовыми стоками следует применять любой торф, но предпочтительнее использовать низинный с высокой степенью разложения (>20 %) и зольностью не более 25 % при влажности не выше 60 %. В овощеводстве при подготовке грунтов для теплиц и парников можно использовать верховые и переходные торфа. Из торфа также готовят торфо-минеральные и гуминовые удобрения, ростовые вещества, а также торфяные горшочки и питательные брикеты.

Результаты научных исследований и опыт производителей свидетельствуют о высокой эффективности торфяного навоза, торфонавозных, торфожиженавозных, торфопомётных компостов и торфо-минеральных удобрений [4]. Они способны увеличивать урожай сельскохозяйственных культур на 30-50 %, при этом каждая тонна торфяного удобрения с учётом последствия в севообороте окупается 0.8-1.2 ц зерна.

Болотные фосфаты (вивианиты, торфовивианиты и вивианитовые торфа), которые пока не нашли применения в сельскохозяйственном производстве, могут служить перспективным источником фосфора. Прогнозные ресурсы вивианитов (содержание P_2O_5 15-28 %), торфовивианитов (2.5-15 %) и вивианитовых торфов (0.5-2.5 %) только в Западной Сибири составляет около 310 млн. т, в них содержится около 15.5 млн. т фосфатов (табл. 1). При освоении ряда месторождений можно будет ежегодно получать до 15 тыс. т P_2O_5 , что позволило бы возмещать около 1/3 выноса элемента в земледелии региона. Фосфорсодержащие торфа обладают высокой эффективностью [6, 7]. Результаты полевых опытов свидетельствуют о том, что торфовивианиты, обладая пролонгированным последствием, оказывают высокое положительное влияние на урожайность двух-трёх культур севооборота и лишь незначительно уступают по эффективности суперфосфату. Так, в звеньях севооборота при учёте действия и последствия прибавка урожая при внесении торфовивианита составила на чернозёме выщелоченном 7.5 ц/га зерна, суперфосфата – 9.0 ц/га.

К перспективным ресурсам органико-минеральных удобрений следует отнести сапропель – иловые отложения пресноводных водоёмов, богатые органическим веществом, макроэлементами (азот, фосфор, калий, кальций и др.) и многими микроэлементами. Вместе с тем, сапропели с повышенным содержанием кальция (30-50 %) Обладают мелиоративными свойс-

Таблица 1

Ресурсы болотных фосфатов в Западной Сибири, тыс. т

Область, край	Прогнозные ресурсы фосфатных руд [5]	Запасы P_2O_5
Новосибирская	20570	1028.5
Омская	23700	1185.0
Тюменская	217635	10881.8
Томская	42800	2140.0
Кемеровская	3700	185.0
Алтайский	1520	76.0
По региону	309925	15496.3

твами и могут активно применяться на кислых почвах. Разведанные запасы сапропеля по обобщенным данным ВНИПТИОУ [3], составляют около 580 млн. т, в которых содержится более 90 млн. т органического вещества и более 5 млн.т азота, фосфора и калия (табл. 2). Возможное поступление элементов питания с сапропелем в земледелие Западной Сибири даже при освоении 10 % ресурсов по нашим расчетам может составить – более 200 тыс. т N и более 40 тыс. т P_2O_5 .

Исследования научных учреждений и производственный опыт убедительно показали высокую отзывчивость культур на внесение сапропеля в качестве удобрения на сибирских почвах – повышение урожайности картофеля, зерновых и кормовых культур составляет от 20 до 40 % [8]. При определенных инвестиционных вложениях можно ежегодно добывать и применять под полевые культуры около 1 млн. т сапропеля, что позволит дополнительно получать 200-250 тыс. т зерновых единиц растениеводческой продукции.

Таблица 2

Ресурсы сапропеля в Сибири

Регион	Ресурсные запасы, млн. т		Запас органического вещества, млн. т	Запас питательных веществ, тыс. т		
	прогнозные	разведанные		N	P_2O_5	Сумма
Западная	17170	497	79.5	2087.4	347.9	2435.3
Восточная	14500	82	13.1	344.4	57.4	401.8
Сибирь	31670	579	92.6	2431.8	405.3	2837.1

В качестве местных фосфорных удобрений в перспективе могут широко использоваться фосфориты ряда сибирских месторождений с содержанием P_2O_5 от 8 до 24 %. Наиболее перспективны Белкинское, Телекское, Обладжанское, Серминское и Сейбинское месторождения (Красноярский край, Кемеровская и Иркутская области), в которых промышленные запасы руды составляют более 200 млн.т [9]., а также Селигдарское, Ошурковское и Белозиминское (Красноярский край, Иркутская область, Бурятия) месторождения апатитовых руд, промышленные запасы которых по оценке геологов составляют более 150 млн. т в пересчёте на P_2O_5 [10, 11].

Апатиты и фосфориты могут служить прекрасным сырьём для производства суперфосфата. Вместе с тем, фосфориты после размола в качестве фосфоритной муки могут непосредственно использоваться для удобрения сельскохозяйственных культур. В земледелии региона первоочередная потребность в фосфоритной муке проявляется на подзолистых, дерново-подзолистых и серых лесных почвах, обладающих сильнокислой и кислой рН и пониженным содержанием подвижного фосфора. В пашне таких почв около 2.5 млн. га. Внесение на этих почвах 1.2-1.3 млн.т фосфоритной муки за счёт сбалансированного фосфатного питания растений позволит получить дополнительно не менее 500 тыс.т зерна и компенсировать на 20 % потребность сельскохозяйственных культур в фосфорных удобрениях.

В комплексе проблем улучшения плодородия почв особое место занимает химическая мелиорация кислых и солонцовых почв путём применения извести, мергеля и гипса. Эта категория почв в Сибири составляет свыше 15 млн. га, или более 30 % сельскохозяйственных угодий. Выполненные к настоящему времени исследования свидетельствуют о высокой эффективности природных химических мелиорантов [11-13].

Таким образом, местные агрохимические ресурсы Сибири являются важным резервом пополнения элементов минерального питания и улучшения агрохимических свойств пахотных почв. В современных экономических условиях вовлечение торфа, торфовиванитов, сапропеля, фосфоритов, известковых материалов и гипса, будет способствовать увеличению производства экологически безупречной сельскохозяйственной продукции, сохранению и поддержанию плодородия сибирских почв.

Литература

1. Российский статистический ежегодник: Стат.сб. / Госкомстат России. М.,2001. 679 с.
2. Концепция охраны и рационального использования торфяных болот России / Под ред. Л.И. Инишевой. Томск, 2005. 76 с.

3. Ресурсы органических удобрений в сельском хозяйстве России: Информ.-аналит. Справочник / Под ред. А.И. Еськова. Владимир, 2005. 194 с.
4. Торфовиваниты Западной Сибири. Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1986. 127 с.
5. Алтухов В.М., Григорьева Т.Р., Матухина В.Г. Закономерности размещения вивианитовых торфов в Новосибирской области. Кн. 1. Новосибирск, 1986. 229 с.
6. Гамзиков Г.П., Мармулев А.Н. Торфовиваниты – фосфорсодержащие удобрения / Ресурсы и проблемы использования агрохимического сырья. Новосибирск: Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1988. С. 81-86.
7. Гамзиков Г.П., Мармулев А.Н. Агрохимическая оценка болотных фосфатов Западной Сибири // Почвоведение, 2007. №9. С.1-8.
8. Максимов П.Г., Кузнецов А.В., Платонов И.Г. Результаты агроэкологической оценки сапропелевых месторождений. М., 2000. 110 с.
9. Краевский Б.Г., Матухин Р.Г., Матухина В.Г., Русанов Д.К., Суховерхова М.В. Пути ускоренного создания фосфатной минерально-сырьевой базы агропромышленного комплекса Сибири // Ресурсы и проблемы использования агрохимического сырья Западной Сибири. Новосибирск, Наука. Сиб. отд-ние. 1988. С. 21-30.
10. Яншин А.Л., Жарков М.А. Фосфор и калий в природе. Новосибирск: Наука, 1986. 190 с.
11. Каличкин В.К. Агроэкологические основы мелиорации кислых почв Западно-Сибирской равнины. Новосибирск, 1998. 240 с.
12. Семендяева Н.В. Свойства солонцов Западной Сибири и теоретические основы химической мелиорации. Новосибирск, 2002. 160 с.
13. Березин Л.В. Мелиорация и использование солонцов Сибири. Омск: Изд. ФГОУ ВПО ОмГАУ. 2006. 208 с.

ОЦЕНКА ЭМИССИИ МЕТАНА ЗАБОЛОЧЕННЫМИ ТЕРРИТОРИЯМИ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

М.В. Глаголев

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

В работе рассмотрены подходы к оценке регионального потока метана из заболоченных территорий Западной Сибири. Подробно рассмотрена прямая оценка регионального потока, когда он вычисляется как сумма из отдельных природных зон (подзон), потоки из которых, в свою очередь, представляют собой взвешенные средние значения потоков из всех типов заболоченных земель, имеющих на территории данной зоны (подзоны). Также дано понятие о «методе обратной задачи».

Введение

В связи с глобальным изменением климата и прогнозированием последствий парникового эффекта в последние годы резко возрос интерес к изучению торфяных болот [1]. Болотные почвы оказывают существенное влияние на газовый состав атмосферы. С одной стороны, они обладают уникальной способностью долговременного изъятия CO_2 из атмосферы путем связывания углерода в торфе. С другой стороны, они являются одним из основных природных источников метана — газа, в 39 раз (для периода 20 лет) превышающего CO_2 по величине прямого потенциала глобального потепления [2]. Метан является важным «парниковым» газом в климатической системе и, кроме того, сильно влияет на фотохимию атмосферы [3]. Точное измерение потока метана должно играть существенную роль для предсказания изменения концентрации CH_4 и его влияния на климат [4]. Уже относительно давно стало ясно, что успешное решение проблемы долгосрочного прогнозирования климатического эффекта парниковых малых газовых составляющих атмосферы невозможно без знания распределения наземных источников и стоков [5].

Поток CH_4 из всех болот составляет по данным разных авторов от 92 Тг/год [4] до 110 Тг/год. Около 60 % глобальной эмиссии обусловлено богатыми торфом болотами, находящимися в полосе от 50 до 70° с.ш. [6]. Метан, поступающий из болот, особенно важен для России, где торфяные болота вместе с заболоченными мелкоотторфованными землями занимают около 21.6 % территории [7].

Рамочная конвенция ООН об изменении климата (1992 г.), ратифицированная Россией, обязывает каждую страну составить свой баланс источников и стоков парниковых газов, в первую очередь, CO_2 и CH_4 . Для России такая задача была поставлена в начале 1990-х годов в Госпрограмме РФ под руководством акад. Н.П. Лаверова [8]. Тем не менее, суммарная величина эмиссии метана по стране оценена весьма приблизительно [9]. Таким образом, в настоящее время насущной задачей для России является инвентаризация существующих источников метана [10].

В данной работе мы рассмотрим подходы к оценке регионального потока метана из заболоченных территорий такого значительного по площади региона, как Западная Сибирь.

Основные понятия

В качестве *региональной эмиссии метана* мы будем рассматривать массу CH_4 , выходящую в атмосферу с достаточно большой площади (регионального масштаба) в течение большого интервала времени. Что значит «большого интервала времени»? Из годовой цикличности биохимических процессов в почве (и вытекающей отсюда годовой цикличности потока метана на границе почва/атмосфера) естественным образом следует, что для полного представления о суммарном потоке необходимо измерять его величину как минимум в течение года. Именно такой интервал времени мы будем использовать ниже для расчета региональной эмиссии.

Доступная исследователю информация о метане, выходящем из почвы в атмосферу, в подавляющем большинстве случаев представляет собой (с точки зрения физики) данные о так называемой поверхностной плотности потока [7, 11, 12]), хотя в экологической литературе эти данные обычно аттестуются просто как «потоки».

Потоком массы называют массу, переносимую в единицу времени сквозь заданную поверхность. Для характеристики потока через отдельные элементы поверхности вводится понятие о **поверхностной плотности потока** (ППП) как о потоке через единицу поверхности [13]. Очевидно, что ППП (f , мг/м²/час) является величиной сугубо локальной – она может изменяться во времени и пространстве. Тогда с формально-математической точки зрения, эмиссия (E):

$$E = \int_{(S)} \left[\int_0^T f(x, y, t) dt \right] dS \quad (1)$$

где x, y – пространственные координаты, t – время (внешний интеграл берется по площади региона S , а внутренний – по времени, на интервале

Т, соответствующем году). Использование данной формулы и составляет основу любого метода оценки региональной эмиссии.

Прямая оценка региональной эмиссии

Однако на практике этой формулой нельзя воспользоваться, потому что значения функции f заданы только на фиксированном конечном множестве точек, т.е. функция задана в виде таблицы. В этих случаях используются методы численного интегрирования, Они основаны на аппроксимации функции f некоторыми простыми выражениями [14]. Весьма простым методом вычисления интеграла является метод прямоугольников [15]:

$$F = \int_0^T f(t)dt \approx T\Phi \quad (2)$$

где Φ – среднее значение функции $f(t)$ на отрезке $[0 T]$. Однако в почвоведении традиционно величинам T и Φ придается несколько иной смысл, исходя из концепции «периода биологической активности». Развитие этой концепции в конкретном случае эмиссии метана позволило показать (см. работу Суворова и Глаголева в настоящем сборнике), что

$$F \approx ПЭМ \times Me(f) \quad (3)$$

где ПЭМ – «период эмиссии метана», немного (на 12.3%) превышающий летне-осенний период (как он определен в [16]); $Me(f)$ – медиана ППП. Используя аппроксимацию (2), например, в форме (3), имеющей очевидный биологический смысл, мы, таким образом, избавились от интеграла по времени в (1):

$$E = \int_{(S)} \int_0^T f(x, y, t)dt dS \approx \int_{(S)} ПЭМ \times Me(f) dS \quad (4)$$

но остается еще задача вычисления поверхностного интеграла.

Одним из простейших способов вычисления поверхностных интегралов является изложенный в [14]:

$$E = \int_{(S)} F(x, y) dS \approx Sf, \quad (5)$$

где f – среднее значение $F(x, y)$. Таким образом, получаем для региональной эмиссии:

$$E \approx СИПЭМ\Phi, \quad (6)$$

здесь Φ – среднее по пространству значение $Me(f)$. По-видимому, одним из первых такой подход применил Н.С. Паников [11], который, правда, вместо ПЭМ и медианы потока использовал, соответственно, продолжительность «активного периода эмиссии» (приняв ее равной 2640 час) и среднее значение ППП (12 мг/м²/час). Вероятно, автор принял площадь болот Западной Сибири $S = 0.7 \cdot 10^{12}$ м² (хотя сам он указывает для S значение в 100 раз большее, что является явной опечаткой). Тогда

$$E = (0.7 \cdot 10^{12} \text{ м}^2) \cdot (2640 \text{ час}) \cdot (12 \text{ мг/м}^2/\text{час}) \approx 22.2 \cdot 10^{15} \text{ мг} = \\ = 22.2 \text{ Тг} = 22.2 \text{ Мм}.$$

Точность формулы приближенного вычисления поверхностного интеграла можно повысить, если разбить область S на n подобластей, применить к каждой i -ой подобласти формулу (5) и провести суммирование по всем подобластям [14]:

$$E = \int_{(S)} F(x, y) dS \approx \sum_{i=1}^n (S_i f_i) = \sum_{i=1}^n (S_i ПЭМ_i \Phi_i), \quad (7)$$

Поскольку речь идет не о произвольной математической задаче общего вида, а о вполне конкретной географической системе, то будет разумным выделить подобласти в соответствии с общепринятым районированием территории Западно-Сибирской равнины [16 – 18]. Эти подобласти перечислены в таблице. К сожалению, карты районирования Западной Сибири не одинаковы у разных авторов, и вычисленные по этим картам площади природных зон несколько различаются, поэтому мы в наших расчетах будем использовать средние значения площадей.

К еще большему сожалению, различные величины приводятся также и для площади Западно-Сибирской равнины (в млн. км²): 2.0631 [16], 2.6 [19], 2.745 [20], 3.5 [18]. Среднее значение по всем этим данным составляет $s = 2.727$ млн. км². Следовательно, S_i можно выразить через долю (α_i) площади зоны от общей площади Западной Сибири:

$$S_i = \alpha_i S w_i,$$

предполагая, что эмиссия метана происходит только с заболоченной территории, для чего в качестве множителя используется заболоченность w_i . Теперь, чтобы провести конкретные расчеты по формуле (7), нам осталось задаться величинами характерных потоков для разных природных зон.

Расчет эмиссии метана с территории Западной Сибири

i	Зона (подзона)	Доля площади (λ_i)			Заболоченность (w_i по [18])	ПЭМ, час.	ППП, мгС/м ² /ч	Эмиссия, МтС
		по [18]	по [17]	Среднее				
1	Тундра	0.117	0.122	0.119	0.19	2426	1.47	0.22
2	Лесотундра	0.054	0.050	0.052	0.50	2830	0.29	0.06
3	Северная тайга	0.211	0.176	0.194	0.33	3234	0.16	0.09
4	Средняя тайга	0.156	0.191	0.173	0.39	3908	0.95	0.68
5	Южная тайга	0.137	0.145	0.141	0.32	4043	2.32	1.16
6	Подтайга	0.085	0.080	0.083	0.25	4447	11.36	2.86
7	Лесостепь	0.105	0.099	0.102	0.09	4717	11.36	1.34
8	Степь	0.136	0.136	0.136	0.00	5121	0.00	0.00
Суммарная эмиссия метана с территории Западной Сибири								6.41

Особенности вычисления характерного потока метана для природной зоны

Различные типы заболоченных земель (даже в пределах одной природной подзоны) характеризуются разными величинами эмиссии метана. Например, в [21, 22] экспериментально показано, что интенсивность эмиссии CH₄ на «гальях» (лишенных древесной растительности частях болот, представляющих собой застойные и транзитные мелкозалежные топи) и в «рямах» (сосново-кустарничково-сфагновых фитоценозах) различается, по крайней мере, на порядок. Если выделить всего m типов заболоченных земель, например: галья, рям, грядово-мочажинный комплекс (ГМК), грядово-мочажинно-озерковый комплекс (ГМОК) и т.п., то для i -ой природной зоны (подзоны) будем иметь:

$$\Phi_i = \sum_{j=1}^m (\alpha_{ij} \phi_{ij}),$$

где α_{ij} – доля площади заболоченных земель j -го типа в i -ой зоне (подзоне), ϕ_{ij} – соответствующее характерное значение медианы ППП. Иначе говоря, с математической точки зрения характерное значение ППП для i -ой зоны представляет собой средневзвешенное значение по всем ППП различных типов заболоченных земель в этой зоне (весами являются доли площадей заболоченных земель соответствующих типов).

Наконец, сделаем последнее необходимое уточнение. В силу комплексности таких объектов, как ГМК, ГМОК, рям и даже галья (относящаяся к биогеоценозам островковой морфоструктуры), сразу дать характерные значения ϕ_{ij} не представляется возможным.

Большая часть пространства биогеоценозов островковой морфоструктуры приходится на ровные мочажинные или топяные участки, на фоне которых фрагментарно представлены отдельные клумбы (в поперечнике от 0.5 до 5 м, высотой до 0.5 м). Например, для олиготрофного клумбово-мочажинного биогеоценоза сформированные (высотой до 0.5 м) и формирующиеся клумбы (высотой до 0.3 м) занимают суммарную площадь 15 %. Для клумб характерен переменный режим увлажнения, для мочажин и топей – избыточный и застойный. Биогеоценозы рямовых фаций отличаются поверхностью, расчлененной на различные по форме и высоте элементы микрорельефа. Соотношение площади положительных и отрицательных элементов составляет в среднем для рослых рямов 9:1, для низкорослых фаций – 6:3. На повышениях в летнее время уровень болотных вод (УБВ) поддерживается обычно на глубине 30-50 см, в понижениях – 10-15 см [23]. Столь сильная разница в УБВ может приводить к значительной разнице удельных потоков, как это было показано ранее [12, 22], поэтому в случае каждого биогеоценоза во всех подзонах следует рассматривать, по крайней мере, две составляющие ППП:

$$\phi_{ij} = \beta_{ij}U_{ij} + (1 - \beta_{ij})D_{ij},$$

где β_{ij} – доля площади повышений в микрорельефе заболоченных земель j -го типа в i -ой зоне (подзоне); U_{ij} и D_{ij} – характерные значения ППП, соответственно, для повышений и понижений в микрорельефе заболоченных земель j -го типа в i -ой зоне (подзоне). Конкретные значения ППП (см. работу Шнырева и Глаголева в настоящем сборнике) для элементов микрорельефа различных типов заболоченных земель подзон Западной Сибири позволили нам рассчитать характерные ППП для каждой подзоны (табл.). При этом доли площадей (α и β) были взяты из литературных данных [23, 24, 25] и экспертных оценок.

Полученная в результате величина эмиссии 6.41 МтС/год существенно отличается от известных оценок Андроновой-Кароль (2.0 МтС/год) и Н.С. Паникова (22.2 МтС/год), опубликованные в начале и середине 90-х гг. [11, 26], когда исследования в Западной Сибири еще только начинались. Относительно этих оценок можно сказать, что (в отсутствие измерений ППП во всех подзонах Западной Сибири) они были в известной степени теоретическими. В частности, совершенно очевидно, что оценка Н.С. Паникова была сильно завышена, поскольку он сделал ее, опираясь только на измерения в подтайге и южной тайге. Действительно, автор пишет: «Примем, что... половина

площади болот Западной Сибири выбрасывает метан так же интенсивно, как Васюганские болота (*южная тайга!* – М.Г.), а половина – как болота Томского стационара (*подтайга!* – М.Г.)» [11]. Понятно, что такое предположение совершенно недопустимо, например, для тундры и лесотундры.

Для западносибирской тайги А.В. Наумов приводит величину эмиссии метана 1.22 МтС/год [27], что несколько меньше нашей оценки. Однако мы строили свои оценки по данным многолетних наблюдений, в то время как А.В. Наумов, по крайней мере, для южной тайги использовал гораздо меньший массив данных, причем, по несчастливой случайности, полученный в год минимальной за все время наблюдения с 1995 г. эмиссии.

Понятие о методе обратной задачи («Inverse modelling technique»)

Прямая оценка региональной эмиссии подразумевает, что в формуле (1) функция $f(x,y,t)$ задается с использованием результатов полевых измерений именно ППП. С формально-математической точки зрения различные подходы к такой оценке отличаются друг от друга выбором разных систем аппроксимации $f(x,y,t)$ по результатам полевых измерений ППП. Существенным недостатком прямой оценки является то, что для обоснованной аппроксимации $f(x,y,t)$ в региональном масштабе необходимо чрезвычайно много измерений потоков на всех типах заболоченных территорий и для всех видов микрорельефа. Отдельную и весьма сложную задачу представляет собой точная оценка площадей этих территорий и соотношение площадей отдельных форм микрорельефа.

Метод обратной задачи позволяет осуществлять обоснованное усреднение поверхностной плотности потока автоматически, поскольку в результате применения этого метода определяется не локальное значение ППП в какой-то «точке» на поверхности почвы (точнее, на площади порядка 0.1-1 м²), а сразу среднее значение для площади порядка 10²-10⁸ м². Этот метод предполагает, что информации о величинах ППП нет, а имеются лишь измерения динамики концентрации метана в атмосфере (а также данные о полях скоростей ветра и температуры атмосферы). Суть «обратной задачи» состоит в том, что по динамике поля концентраций подбирают такие ППП, которые обеспечивают наблюдаемую динамику концентрации СН₄ при данном состоянии атмосферы. Таким образом, в этом методе измеряется не ППП, а динамически изменяющееся поле концентраций.

При внешней простоте идеи метода его реализация сталкивается со значительными трудностями математического и технического характера. Дело в том, что обратная задача (вычисления ППП по полю концентраций) некорректна в математическом смысле, поскольку малым изменениям

входных данных (малым изменениям концентрационного поля) соответствуют большие изменения решения (т.е. ППП). Это означает, что малые погрешности измерения концентраций порождают, тем не менее, большие погрешности в определении ППП. Решение некорректных задач достигается при помощи их «регуляризации», основанной на дополнительной качественной и количественной информации. Очень ценной при этом оказывается информация о распределении типов заболоченных территорий на территории региона (т.е. мы опять пришли к одной из тех сложных задач, которые возникали ранее при прямой оценке региональной эмиссии). Если же говорить о приборной базе, то с этой точки зрения очень важно максимально точное измерение концентраций газов и параметров атмосферы.

Литература

1. Lapshina E.D., Pologova N.N., Mouldiyarov E.Ya., Golyshev S.A., Glagolev M.V. Watershed Peatlands in South Taiga Zone of West Siberia // Proceedings of the Eighth Symposium on the Joint Siberian Permafrost Studies between Japan and Russia in 1999. Tsukuba: Isebu. 2000. P. 121-128.
2. Кароль А.И. Оценки характеристик относительного вклада парниковых газов в глобальное потепление климата // Метеорология и гидрология. 1996. Т. 11. С. 5-12.
3. Cao M., Dent J.B., Heal O.W. Modeling methane emissions from rice paddies // Global Biogeochemical Cycles. 1995. V. 9. P. 183-195.
4. Cao M., Marshall S., Gregson K. Global carbon exchange and methane emissions from natural wetlands: Application of a process-based model // Journal of Geophysical Research. 1996. V. 101. P. 14399-14414.
5. Минько О.И. Планетарная газовая функция почвенного покрова // Почвоведение. 1988. №7. С. 59-75.
6. Matthews E., Fung I. Methane emission from natural wetlands: global distribution, area, and environmental characteristics of sources // Global Biogeochem. Cycles. 1987. V.1. P. 61-86.
7. Вомперский С.Э. Роль болот в круговороте углерода // Чтения памяти В.Н. Сукачева. XI: Биогеоценоотические особенности болот и их рациональное использование. М.: Наука, 1994. С. 5-37.
8. Коцюрбенко О.Р. Метаногенные микробные сообщества из холодных наземных экосистем // Автореф. дисс. ... докт. биол. н. М. 2005. 76 с.
9. Заварзин Г.А. Круговорот углерода на территории России // Национальная конференция с международным участием «Эмиссия и сток парниковых газов на территории северной Евразии». Пуццино. 2000. С. 17-20.
10. Бажин Н.М. Метан в атмосфере // Соросовский образовательный журнал. 2000. Т. 6. № 3. С. 52-57.

11. Паников Н.С. Тасжные болота – глобальный источник атмосферного метана? // *Природа*. 1995. № 6. С. 14-25.
12. Glagolev M.V. Modeling of Production, Oxidation and Transportation Processes of Methane // *Global Environment Research Fund: Eco-Frontier Fellowship (EFF) in 1997*. Tokyo: Environment Agency. 1998. P. 79-111.
13. Филиппов Л.П. Явления переноса. М.: Изд-во МГУ, 1986. 120 с.
14. Турчак Л.И. Основы численных методов. М.: Наука, 1987. 320 с.
15. Данилина Н.И., Дубровская Н.С., Кваша О.П., Смирнов Г.Л., Феклисов Г.И. Численные методы. М.: Высш. шк., 1976. 368 с.
16. Рихтер Г.Д. Западная Сибирь. М.: Изд-во АН СССР, 1963. С. 9-19.
17. Лапшина Е.Д. Флора болот юго-востока Западной Сибири. Томск: Изд-во ТГУ, 2003. 296 с.
18. Болотные системы Западной Сибири и их природоохранное значение / Лисс О.Л., Абрамова Л.И., Аветов Н.А., Березина Н.А. и др. Тула: Гриф и Ко, 2001. 584 с.
19. Советский энциклопедический словарь/ Под ред. А.М. Прохорова. М.: Сов. энциклопедия, 1983. 1600 с.
20. Иванов К.Е., Новиков С.М. (ред.). Болота Западной Сибири, их строение и гидрологический режим. Л.: Гидрометеиздат, 1976. 448 С.
21. Глаголев М.В., Шнырев Н.А. Анализ космических снимков – перспективное направление в изучении газовой функции болотных экосистем // *Болота и биосфера: Материалы 5-ой Научной Школы*. Томск: ЦНТИ, 2006. С. 104-114.
22. Glagolev M., Inisheva L., Lebedev V., Naumov A., Dement'eva T., Golovatskaja E., Erohin V., Shnyrev N., Nozhevnikova A. The emission of CO₂ and CH₄ in geochemically similar oligotrophic landscape of West Siberia // *Ninth Symposium on the Joint Siberian Permafrost Studies between Japan and Russia in 2000*. Sapporo: Kohsoku P-Center, 2001. P. 112-119.
23. Базанов В.А. Структура болот кетско-чулымского междуречья: Дис. к-та. биол. наук. Томск. 1988. 213 с.
24. Инишева Л.И., Земцов А.А., Лисс О.И., Новиков С.М., Инишев Н.Г. Васюганское болото (природные условия, структура и функционирование). Томск: ЦНТИ, 2000.
25. Peregon A., Maksyutov S., Kosykh N., Mironycheva-Tokareva N., Tamura M., Inoue G. Application of the Multi-Scale Remote Sensing and GIS to Mapping Net Primary Production in West Siberian Wetlands // *Phyton*. 2005. V. 45. № 4.
26. Andronova N.G., Karol I.L. The contribution of USSR sources to global methane emission // *Chemosphere*. 1993. V. 26. P. 111-126.
27. Наумов А.В. Болота как источник парниковых газов на территории Западной Сибири // 2-ая Международная конференция «Эмиссия и сток парниковых газов на территории северной Евразии»: Тезисы докладов. Пушино. 2003. с. 86-87.

The estimation of methane emission from west Siberian wetlands

M.V. Glagolev

We discuss two methods for the estimation of methane regional emission from West Siberian wetlands. The “direct method” of estimation was discussed in detail. In this case regional flux was calculated as sum of fluxes from all natural zones (subzones). The subzone flux was calculated by fluxes from all types of wetlands in this subzone (as weighted average). Also we concern the «inverse modelling technique».

СТРУКТУРНО-ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ МИКРОБНЫХ СООБЩЕСТВ ТОРФЯНЫХ ПОЧВ

А.В. Головченко

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

Слои торфяников, проходящие по биофизическим и гидрологическим характеристикам, как деятельные, не отличаются от нижележащих слоёв по анализируемым нами микробиологическим показателям, что наряду с другими фактами подтверждает целесообразность включения в объем понятия “торфяная почва” всей толщи торфяной залежи независимо от ее мощности.

Говоря о торфяниках, уместно рассмотреть вопрос о том, являются ли почвами эти чисто органические образования на болотах. Этот вопрос неоднократно обсуждался в научной литературе, и предлагались разные его решения: торфяники – почвы, или самостоятельные природные тела, или полупочвы, или органическая горная порода. В классификации почв 1886 г. среди нормальных почв В.В. Докучаевым [1] был выделен III класс – типичных болотных почв. Вместе с Докучаевым многие выдающиеся отечественные почвоведы считали болотные образования почвами. Формирование торфяника, как при зарастании водоёмов, так и при суходольном заболачивании, начинается с развития его как почвы. Этот период почвенного развития длится тысячи лет и представляет собой органно-аккумулятивное направление почвообразования, которое, по-видимому, нельзя объединить ни с одним из других аккумулятивных направлений [2].

Но подход к торфяникам как почвам требует пересмотра методов их изучения. Если торфяник – почва, то его нужно изучать как профильное тело. Раньше вся торфяная залежь отождествлялась с торфяной почвой. И это было правильно, но с легкой руки Д.А. Герасимова [3], а вслед за ним и И.Н. Скрынниковой [4] толщу торфяной залежи разделили на торфяную почву и торфторганогенную породу. К торфяной почве (деятельный слой, акротелм) отнесли верхний слой торфяника, нижняя граница которого совпадает с максимальным опусканием грунтовых вод во время летней подсушки торфяника и нижней границей корнеобитаемого слоя. Считали, что это зона интенсивного влаго- и теплообмена с атмосферой, формирования стока, преимущественной деструкции растительных остатков и торфообразования. К торфторганогенной породе (инертный слой, катотелм) отнесли глубокие слои торфяника, для которых характерен медленный влагообмен, стабильный тепловой и газовый режимы, анаэробность, заторможенность биофизических и биохимических процессов. Долгое время полагали, что торфторганогенная порода почти лишена живых организмов.

Изучая только деятельный слой и исключая из сферы внимания нижние горизонты и подстилающий минеральный субстрат, почвоведы искусственно лишали почву, которая является естественно-историческим телом, истории её развития и происхождения. Верхние горизонты торфяника соответствуют современным условиям, нижние – предшествующим слоям почвообразования, т.е. история развития атмосферной почвы фиксируется в профиле всей торфяной залежи. Глубокие слои торфа не являются чем-то обособленным, они связаны с верхними слоями торфяника, прежде всего водообменом, а значит обменом вещества и энергии, идущими на разных участках залежи с различной интенсивностью [5].

Мы считаем торфяники почвами, поэтому при изучении структурно-функциональной организации микробных сообществ мы анализировали все слои торфяника, как это принято при изучении почвы как профильного тела.

Нельзя сказать, что микробиологи обошли вниманием торфяные почвы. Однако в этих работах [6-12 и др.] сведения о численности микроорганизмов в торфах относятся преимущественно к верхним горизонтам и получены методом посева. Этот метод незаменим для определения относительного обилия и таксономической принадлежности выделяемых на средах микроорганизмов, но в то же время он не даёт представления о микробном пуле торфяников.

Использование прямого люминесцентно-микроскопического метода в наших исследованиях [13] позволило выявить запасы и соотношение основных компонентов микробной биомассы по всему профилю торфяных почв.

Объектами исследования были торфяники Восточно-Европейской равнины и Западной Сибири (из Тверской, Смоленской, Тульской и Томской областей).

В торфяниках пределы варьирования численности в расчёте на 1 г сухого торфа таковы: бактерий – (единицы – десятки млрд. клеток); спор грибов и дрожжеподобных клеток – (десятки – сотни млн.); длина актиномицетного и грибного мицелия – (сотни м – км). Полученные данные по микробному обилию в атмосферных почвах соответствуют плотности заселения микроорганизмами лесных подстилок, дернины и верхних гумусированных горизонтов литоземных почв.

Изучение показателей обилия микроорганизмов в торфяниках с учётом пространственного фактора показало, что вертикальная вариабельность значительно превышает горизонтальную, т.е. численность микроорганизмов в большей степени варьирует по профилю, чем изменяется по горизонтальной структуре болотного БГЦ.

Для бактерий и спор грибов была выявлена тенденция равномерного распределения или плавного уменьшения численности вниз по профилю, но иногда их обилие было выше в более глубоких слоях торфяника, чем в верхней толще. Грибной мицелий выявляли преимущественно в верхней толще торфяников. Распределение по профилю актиномицетного мицелия характеризовалось достаточно резкими колебаниями его длины в пределах почвенного профиля.

Сезонная динамика показателей обилия микроорганизмов была выявлена по всему профилю торфяников. В верхних горизонтах показатели обилия могли различаться по сезонам на порядок, в нижних – не более, чем в 2-3 раза. Вместе с тем, варьирование показателей микробного обилия в нижних слоях торфяников свидетельствует о жизнеспособном состоянии хотя бы части микробного комплекса на глубине.

Известно, что между численностью и активностью микроорганизмов в почвах не существует прямой зависимости, и высокая степень насыщенности почвы микробными группировками ещё не свидетельствует об активности микробных популяций в ней. Более представительными в разрешении вопроса о состоянии микроорганизмов в торфяниках были показатели активности процессов, протекающих на разных глубинах. Однако эту информацию трудно получить экспериментально и на данном этапе мы можем говорить лишь о потенциальной активности тех или иных процессов. Проведённое нами изучение процессов азотфиксации и денитрификации по всему профилю низинных и верховых торфяников показало, что потенциально активны все слои торфяников. Активность процессов в низинных торфяниках была в 3-10 раз выше, чем в верховых. Уровень потенциальной активности азотфиксации и денитрификации в высокозоль-

ных низинных торфяниках следует признать высоким, так как он сравним или превышает уровень, установленный для чернозёмов и чернозёмно-луговых почв. Верховые торфяники, в свою очередь, ближе по этим показателям к дерново-подзолистым почвам.

Запасы микробной биомассы в торфяниках составляют в метровой толще – несколько тонн/га, в расчёте на весь профиль – десятки тонн/га. И хотя абсолютные величины, характеризующие запасы микробной биомассы в торфяниках сопоставимы или даже превышают таковые в литоземных почвах, они при сравнении их с собственным фондом углерода, составляют незначительную долю. Доля углерода микробной биомассы от общего углеродного пула в исследуемых почвах не превышала 3 % в верхних слоях, 2 % – в слое 50-100 см и 0.2 % – на глубине 100-300 см. Для сравнения, доля углерода микробной биомассы от углерода органического вещества в автоморфных почвах составляет 5-17 % в подстилках и 50-70 % – в минеральных горизонтах [14]. Низкая доля углерода микробного происхождения в общем углеродном пуле торфяников обусловлена колоссальными запасами растительной мортмассы в них.

Анализ структуры микробной биомассы на разных глубинах торфяников выявил следующие закономерности: преобладание грибной составляющей в микробной биомассе; доминирование в верхних слоях грибного мицелия, в нижних слоях – спор грибов; увеличение доли бактерий в глубь толщи. В низинных высокозольных торфяниках под черноольшаниками (Тверская обл.) и карстовых низинных торфяниках (Тульская обл.) доля бактерий превосходила долю грибных спор в большей части профиля и в разные сезоны отбора образцов.

Многолетний мониторинг за показателями микробного обилия в контрастных по водному питанию торфяниках показал, что микробные комплексы низинных и верховых торфяников различались по запасам грибов а, следовательно, и общим запасам микроорганизмов. Высокие запасы грибов в верховых торфяниках обеспечивали максимальные значения микробной биомассы, которые были в среднем в 2-4 раза выше, чем в низинных торфяниках. Различались верховые и низинные торфяники по характеру распределения микробной биомассы в их толще. Существенный вклад в микробную биомассу верховых торфяников вносили верхние слои, тогда как в низинных торфяниках микробная биомасса была относительно равномерно распределена в толще.

Низинные торфяники, формирующиеся под мощной травянистой растительностью и лиственными породами деревьев и характеризующиеся повышенной зольностью торфа, меньшей влагоёмкостью, слабокислой реакцией среды и т.д., являются, казалось бы, оптимальной средой для развития разнообразных форм микроорганизмов. Однако для раз-

вития грибного мицелия в этих почвах складываются неблагоприятные условия, о чём свидетельствует неглубокое проникновение в торфяную толщу, доминирование спор в морфологической структуре и низкие показатели обилия.

Факторами, ответственными за регулирование плотности грибных популяций, могут быть особые гидрофизические свойства низинных торфяников (преобладание в поровом пространстве ультрамикropор, в которых развитие грибов проблематично), а также высокая биомасса и разнообразие почвенных беспозвоночных животных, выедающих грибной мицелий в верхних слоях этих торфяников и т.д.

В верховых торфяниках поровое пространство распределено более равномерно, а биомасса и разнообразие мезофауны не так велики, как в низинных торфяниках, что создаёт условия для развития микроскопических грибов, особенно в верхних слоях, где мы и фиксируем их максимальные показатели обилия. Обнаружение грибного мицелия в остальной части профиля верхового торфяника ставит перед исследователем вопрос о состоянии, в котором он находится здесь.

Для оценки состояния, в котором находятся микромицеты в верховых торфяниках, использовали метод определения жизнеспособности грибных спор и спор по их прорастанию. О прорастании спор судили по выбрасыванию ростовой трубки, о прорастании дрожжеподобных клеток – по почкованию, о прорастании мицелия – по удлинению гиф и образованию микроколоний.

Процент прорастания мицелия грибов был максимальным в слое, представленном очёсом живого сфагнового мха. В слое 10-50 см количество проросших колоний сокращалось вдвое, а в следующей полуметровой толще уменьшалось вчетверо по сравнению с верхним горизонтом. Глубже 1 м гиф, способных к прорастанию, обнаружить не удалось. Тем не менее, непроросшие гифы имели чёткие контуры, хорошо выраженные перегородки и септы, обладали ярким свечением, т. е. выглядели как “живые”. Возможно, прорастание такого рода гиф могло бы иметь место, но в других условиях опыта.

В отличие от гиф, способность к прорастанию у спор и дрожжеподобных клеток была отмечена по всему профилю торфяника. Процент их прорастания варьировал в метровой толще от 46 до 87, в остальной части профиля – от 6 до 40. При прорастании спор их диаметр увеличивался в 1.5 раза. Метод, используемый нами для определения жизнеспособности спор почвенных грибов, позволил выявить ещё одну особенность верхового торфяника – обнаружение по всему профилю дрожжевых клеток, что свидетельствует о начальной стадии процессов гумификации органического вещества.

Проведённые нами опыты показали, что грибы, являющиеся основными деструкторами органического вещества, находятся в верховом торфянике в жизнеспособном состоянии.

Наличие большого количества грибного мицелия преимущественно в верхних слоях торфяников привело к предположению, что первое разрушение отмерших растений производится грибами. Грибы обладают способностью быстро реагировать на действие неблагоприятных факторов среды, переходя к анабиозу. Их споры переходят в состоянии экзогенного покоя, определяемого внешними факторами. В этом состоянии, не теряя жизнеспособности, они могут длительно пребывать в многометровой толще торфяников и быстро переходить к активной жизнедеятельности при благоприятных условиях.

При ухудшающейся с углублением в залежь аэрации грибы уступают место бактериям, плотность которых, как было показано ранее, может быть сравнима с таковой в верхних горизонтах или плавно убывать вниз по профилю. При этом бактерии работают в относительно узких и специфичных для них условиях.

В заключении следует заметить, что слои, проходящие по биофизическим и гидрологическим характеристикам, как деятельные, не отличаются от нижележащих слоёв по анализируемым нами микробиологическим показателям. Не подтверждаются эти границы и другими показателями, полученными для болот исследуемых регионов [15]. Данный вывод может быть дополнительным доказательством целесообразности включения в понятие “торфяная почва” всей толщи торфяной залежи независимо от ее мощности. Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 07-04-00252.

Литература

1. Докучаев В.В. Главные моменты в истории оценки земель Европейской России с классификацией русских почв: Отчёт Нижегородской губернии земству (1886)/Избранные сочинения. М. Л.: Изд-во АН СССР, 1950. Т. 4. 385 с.
2. Караваева Н.А. Заболачивание и эволюция почв. М.: Наука, 1982. 295 с.
3. Герасимов Д. А. О принципах классификации, разведки и картирования торфяных месторождений // Почвоведение. 1937. № 10. С. 643-646.
4. Скрынникова И.Н. К вопросу об истории исследования, принципы классификации и систематики болотных почв СССР // Почвоведение. 1954. № 4. С. 37-50.
5. Сирин А.А. Водообмен и структурно-функциональные особенности лесных болот: Автореф. дис. ... докт. биол. наук. М., 1999. 44 с.

6. Жданникова Е.Н. Микробиологическая характеристика торфяно-болотных почв Томской области /Заболоченные леса и болота Сибири. М.: АН СССР, 1963. С.170-182.

7. Клевенская И.Л., Гантимурова Н.И. Микробные ассоциации почв ряда биогеоценозов Барабинской низменности / Микробные ассоциации и их функционирование в почвах Западной Сибири. Новосибирск: Наука, 1979. С. 22-60.

8. Зименко Т.Г. Микробные ценозы торфяных почв и их функционирование. Минск: Наука и техника, 1983. 179 с.

9. Смагина М.В. Микроорганизмы и экологические особенности трансформации органического вещества в осушаемых болотных лесах: Дисс. ... канд. биол. наук. Красноярск, 1988. 212 с.

10. Загуральская Л.М. Микробная трансформация органического вещества в лесных почвах Карелии. Санкт-Петербург: Наука, 1993. 136 с.

11. Бурюхаев С.П., Намсараев Б.Б., Корсунов В.М., Гончиков Г.Г. Численность микроорганизмов и динамика деструкционных процессов в низинных болотах Прибайкалья // Почвоведение. 2003. № 1. С. 81-89.

12. Гродницкая И.Д., Сорокин Н.Д. Почвенно-микробиологический мониторинг лесоболотных экосистем Западной Сибири // Почвоведение. 2004. № 8. С. 945-951.

13. Методы почвенной микробиологии и биохимии. М.: МГУ, 1991. 303 с.

14. Полянская Л.М. Микробная сукцессия в почве: Автореф. дис. ... докт. биол. наук. М., 1996. 96 с.

15. Инишева Л.И. Торфяные почвы: их генезис и классификация // Почвоведение. 2006. № 7. С. 781-786.

Structural-functional organization of microbial communities in peat soils

A.V. Golovchenko

The layers of peatbogs which are passing under biophysical and hydrological characteristics as active, do not differ from underlying layers on microbiological parameters analyzed by us, that alongside with other facts, confirms expediency of inclusion in volume of concept "peat soil" all thickness of a peat deposit irrespective of its capacity.

ПОЛУЧЕНИЕ ГУМИНОВЫХ ПРЕПАРАТОВ

И.В. Грехова

Тюменская государственная сельскохозяйственная академия, г. Тюмень,
rostok@tmn.ru

В статье анализируются способы получения гуминовых препаратов: сырьё, реагенты, условия извлечения гуминовых кислот (концентрация реагента, температура, рН раствора), очистка.

В настоящее время в России многие компании производят гуминовые препараты (ГП). Обогащают их элементами питания, микроэлементами, специальными добавками. Препараты применяются в качестве органических удобрений, стимуляторов роста растений, мелиорантов и сорбентов. Но применяются ГП в хозяйствах в ограниченном количестве. Одной из проблем является низкое качество препаратов.

ГП отличаются друг от друга по характеру действия. Их физиологическая активность зависит от вида сырья и особенностей технологического процесса. Качество сырья, способ выделения и очистка обуславливают различное содержание и состав гуминовых кислот (ГК) и примесей в ГП, а значит и неодинаковую эффективность действия. И поэтому сведения различных авторов о физиологическом действии ГК не всегда согласуются.

Состав и свойства ГК зависят от источника гуминовых веществ (ГВ). Но даже при получении из одного природного сырья они неоднородны, полидисперсны и представлены большим набором сходных по строению, но неидентичных молекул [1].

Сотрудниками кафедры общей химии Тюменской ГСХА под руководством д.б.н. Комиссарова И.Д. изучено влияние способа извлечения, состава и концентрации реагента, стадий очистки от примесей на химический состав ГП из угля и торфа. Разработана технология получения ГП из торфа, и широко исследовано его физиологическое действие. Технология получения препарата запатентована. В настоящее время препарат выпускается под названием «Росток». При рассмотрении способов получения ГП сравним нашу технологию с другими.

В основе получения ГП лежат свойства ГК каустобиолитов образовывать водорастворимые соли с одновалентными катионами натрия, калия, аммония. Перевод ГК в растворимое состояние осуществляют различными способами воздействия: химическими, физическими и механическими. На основании литературных данных составлена схема получения ГП, приведённая на рисунке.

Сырье. Получают ГУ из различного сырья: бурых углей, торфа, сапропелей, растительных и промышленных органических отходов, вермикомпостов. Наиболее активными являются ГК торфов, затем землистых бурых углей, а наименее активными – ГК выветрившихся каменных углей [2].

Для производства препаратов из угля очень важны экологическая чистота и постоянство свойств сырья [3]. Кроме того, для них характерно низкое содержание азота. Для истинных почвенных ГК типично содержание 3-5 % N. В угольных препаратах – 0.5-2.5 %, азот не характерен для угля. В этом случае препараты, полученные из углей, пелоидов, сланцев и т.д., или не могут быть включены в класс ГВ, или должны составить особый подкласс [4].

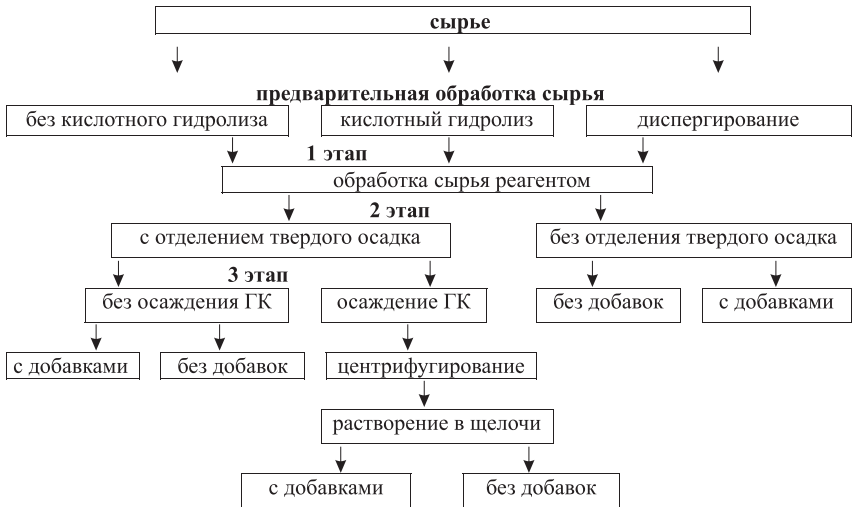


Рис. Общая схема получения гуминовых препаратов

Встречается и большое количество «гуминоподобных» препаратов. Промышленные предприятия, используя химические технологии, производят ГУ в виде синтетических продуктов. Некоторые производители получают «гуматы» из зрелого каменного угля. Такие продукты нельзя квалифицировать как ГУ, т.к. в них отсутствуют многие химические характеристики и свойства природных ГВ, которые позволяют природным ГВ оптимизировать свойства почв и влиять на метаболические процессы в растениях [5]. ГК для приготовления препарата «Росток» извлекаем из низинного торфа. Считаем, что торф самое экологически чистое сырье.

Предварительная обработка. Одни исследователи предлагают проводить предварительную обработку каустобиолитов кислотой, другие

– нет. Г.В. Наумова и соавторы [6] считают, что использование кислотного гидролиза торфа как первой стадии получения гидрогумата позволяет получать ГП с высоким выходом от исходного сырья и повышенной биологической активностью.

Исследования, проведенные Н.Н. Бамбаловым и др. [7], показали, что в процессе кислотного гидролиза ГК перестраивают свою молекулярную структуру: отщепляется часть периферических цепей, происходит сшивка отдельных фрагментов макромолекул, в результате резко возрастает молекулярная масса. Из торфов различного ботанического состава при многократном повторении им не удалось получить осадка фракции серых ГК. Но после гидролиза 2 % соляной кислотой эта фракция появлялась. Это указывает на радикальную перестройку молекулярной структуры ГК при кислотном гидролизе.

Мы считаем, что для максимального сохранения свойств исходных ГК надо использовать щадящие условия их выделения, поэтому в нашей технологии исключен предварительный кислотный гидролиз торфа.

Перспективной операцией подготовки сырья для получения биологически активных препаратов считают [8] диспергирование торфа. Интенсивное механическое воздействие, которому подвергается торф при диспергировании в атриторе (разновидность шаровой мельницы) приводит к увеличению выхода ГК в 1,2-2,3 раза, ГВ – в 1,2-2,7 раза в зависимости от ботанического состава и степени разложения.

Извлечение ГК. Состав и свойства ГП зависят от реагента и условий извлечения ГК (концентрации реагента, температуры, pH раствора и др.).

Реагент. Повысить эффективность гуматов пытаются разными способами. Один из способов – химическая модификация. Наиболее распространенный метод – окислительное воздействие. В качестве реагента на первом этапе для обработки сырья используют разные вещества: гидроксиды натрия [11, 12], калия [13], аммония [9, 14], каустическую соду [9, 10], соли калия [15], углекислый натрий [16], пероксид водорода [17], водоаммиачную среду в присутствии специальных окислителей [18] и др.

В технологиях используют разные соотношения торфа к воде 1:4-5 [21], 1:15 [10], 1:20 [16, 19], 1:50 [20]. Узкое соотношение торфа и водного раствора мы считаем недостаточным, смесь получится загущенной, ее трудно перемешивать и перекачивать. Широкое соотношение приводит к перерасходу воды и к удорожанию продукта. В нашей технологии использовали гидроксид натрия при соотношении торфа к раствору 1:10.

Концентрация. Выщелачивание и освобождение ГК от инертных фракций возможно только разбавленными растворами щелочей [22]. При увеличении концентрации щелочи до 3 % и выше в выделенных гуматах отмечается снижение содержания активных функциональных групп, уве-

личение зольности. Объясняют [19, 21] это тем, что более концентрированные щелочные растворы экстрагируют не только все ГВ торфа, но и углеводы, лигнин, воска, битумы, которые менее активны или даже являются ингибиторами.

При использовании растворов 5-10 % концентрации растворы структурируются и не поддаются фильтрации, отстаиванию, гидроциклонированию ввиду свойств гуматов, являющихся поверхностно-активными веществами [22]. Оптимальными концентрациями щелочи, при которых выделяются наиболее чистые ГК, содержащие наибольшее количество активных функциональных групп, Лясин Ю.М. [21] считает 1.0-2.5 %, а Булганина В.Н., Кузнецова Л.М., Щербаков В.А. [19] – 0.5-2.5 %.

ГК в щелочном растворе окисляются и претерпевают структурные изменения, отражающиеся на характере и количестве функциональных групп. Установлено [23], что количество кислых функциональных групп, определенных бариевым методом, у растворенных ГК при увеличении щелочности раствора до 0,1 н NaOH возрастало, а при 0,5 н NaOH наблюдалось некоторое снижение. Это говорит о сложном характере процесса. Растворимость ГК в воде зависит от условий предварительной их обработки щелочью. При очень энергичном воздействии последней ГК могут быть превращены в форму, нацело растворимую в воде. Следовательно, исследуемые кислоты при обработке их щелочью претерпевают глубокое изменение, а характер растворения говорит о различном фракционном составе торфяных ГК. В опытах Драгуновой А.Ф. [23] также отмечается резкое изменение ГК под влиянием более концентрированных растворов щелочи, особенно при повышении температуры. В нашем способе используется 0.8 % (0.2 н) NaOH.

Температура. Реакции взаимодействия ГВ с ионами щелочных металлов при обычных условиях протекают медленно, получение осуществляют, как правило, при повышенных температурах и избыточном давлении [24, 25].

Нагревание приводит к существенному увеличению выхода ГК [26]. Обработка торфа кипячением с гидроксидом натрия сопровождается увеличением числа радикалов.

Температура, используемая при получении ГП, находится в сравнительно узком интервале – 80-160°C [27]. При этом верхний предел ограничен отрицательным воздействием более высоких температур на биологическую активность препаратов, а нижний – снижением выхода продукта и увеличением продолжительности процесса.

Влияние температурной модификации сырья (нагрев до 250°C в среде газов разложения) на содержание ГВ наиболее ярко проявилось на образце ГК из низинного торфа: выход легкогидролизуемых уменьшается на 55 %,

а трудногидролизуемых возрастает на 22 % [28]. В целом выход ГВ из ГП нагретого торфа ниже, чем их выход для ГК из исходного торфа.

Наряду с технологическими приемами, предусматривающими термохимическую обработку ископаемого сырья, исследователями предложен ряд способов получения ГП без нагрева с применением таких сильных окислителей как хлор, озонированный воздух, озон, концентрированная азотная кислота, окислы азота [29]. Эти способы позволяют получать биологически активные препараты со сравнительно высоким выходом. Однако в связи с техническими сложностями осуществления таких технологических приемов они пока не нашли широкой практической реализации.

Исследованиями [30] было установлено, что при температурах 90-100° С возможна частичная деструкция (окисление) ГК, а тем более ФК. Получение биостимуляторов в сухом виде связано с термической сушкой при высоких температурах, которая снижает их биологическую активность. В нашем способе взаимодействие торфа с водным раствором щелочи протекает при температуре 60-70°С. Снижение температуры возмещается увеличением времени воздействия до 24 часов. В случае сушки ГК температура устанавливается 60°С.

pH раствора. Гуматы растворимы только в щелочной или слабощелочной среде, причем, неполностью [4]. Щелочные суспензии могут оказаться физиологически более активными, чем кислые или нейтральные: а) в растворимой форме химические соединения легче вступают в любые реакции и проникают через клеточные мембраны; б) в щелочной среде молекулы гуматов “распрямляются”, разрушается электростатическое притяжение и блокировка активных групп; в) в щелочной среде идет активное окисление гуматов и ГК, сопровождающееся уменьшением молекулярных масс, увеличением кислородсодержащих функциональных групп и накоплением свободных радикалов (парамагнитных центров).

Значение pH в препаратах варьирует от 8 до 13. Мы готовим препарат с pH=12, что обеспечивает его длительное хранение.

Различаются технологии также продолжительностью взаимодействия реакционной смеси и временем отстаивания.

Очистка. На втором этапе получения ГП существуют два основных направления. Первый заключается в использовании всего полученного продукта без отделения твердого осадка, в который входят все компоненты гуминового сырья (целлюлоза, лигнин, ГВ, битумы, минеральные включения). В последующем они используются без добавок или с минеральными удобрениями в жидком, сухом и гранулированном виде. Называют их в одних патентах гуминовыми, торфяными или торфогуминовыми удобрениями, в других – органоминеральными.

Сущность другого направления состоит в выделении ГВ из сырья отделением твердого осадка. Препараты, полученные по первому направлению, называют балластными, а по второму – безбалластными [27]. ГП первой группы менее эффективны, чем второй [31].

В процессе производства балластных гуматов гуминовые и другие биологически активные вещества не отделяются от всей массы, поэтому к ГП их можно отнести только условно, так как они являются полупродуктами [25]. Описание производства ГУ без удаления нерастворимого остатка приводится в работах Христовой Л.А. [32], Лариной В.А. [33], Забрамного Д.Т. [24] и др.

При получении безбалластных гуматов в жидком целевом продукте после отделения твердого остатка содержатся соли ГК, ФК и низших органических кислот. При описании полученного продукта одни авторы под гуматом подразумевают сумму солей гуминовых и фульвокислот, а другие – собственно гуминовых кислот. Это вносит путаницу при оценке препарата. Для сопоставления эффективности ГП необходима единая терминология.

В большинстве технологий ГП обычно удаляют только твердый остаток, а дальнейшую очистку не делают. Постоянства состава нет, значит, нет и постоянства действия.

На третьем этапе получения ГП выделяют ГК осаждением. Наиболее сильными коагуляторами оказались H_2SO_4 (0.01 н), HCl (0.01 н), $CaCl_2$ (0.1 н) [32]. Немедленно коагулируют более концентрированные растворы ГК. Разведенные растворы ГК (0.002 %) требуют для осаждения больше времени. Вопрос растворения и осаждения ГК имеет агрономическое значение, т.к. стимулирующими свойствами обладают растворенные гуматы, а сорбционными – осажденные.

Процесс получения ГК мы проводим путем осаждения натриевых солей ГК 10-15% серной кислотой в среде с рН 1-2. Недостаточное количество серной кислоты приводит к неполному осаждению гуминовых кислот. Избыточное количество не приводит к изменению в структуре молекул, однако происходит увеличение затрат на последующих этапах, связанных с удалением сульфат-ионов.

Фульвокислоты являются водорастворимой частью ГВ. От ГК они отличаются гораздо более низкой молекулярной массой, более низким содержанием углерода, светлой окраской, растворимостью в воде и минеральных кислотах, а также склонностью к кислому гидролизу [34]. Было установлено, что физиологической активностью растворы фульвокислот и их солей обладают в меньшей концентрации, чем растворы гуматов. Применение растворов фульвокислот и их солей в той же концентрации, что и растворов гуматов, оказывают угнетающее действие на растения. Необходимо удалять фракцию фульвокислот для усиления физиологического воздействия самих гуматов.

По мнению Г.А. Баталкина, А.М. Галушко и др. [35] в ступенчатой очистке нет необходимости. Мы считаем, что для получения препарата со стабильным химическим составом очистка ГК от низкомолекулярных соединений необходима. Снижение примесей в составе препарата ведет к стабилизации состава и повышению эффективности.

Таким образом, гуминовые препараты, полученные разными способами, значительно различаются по составу, биологической активности, товарной стоимости. Для контроля гуминовых удобрений и препаратов необходимо разработать показатели для оценки их качества.

Литература

1. Орлов Д.С. Гуминовые вещества в биосфере // Соровский образовательный журнал. 1997. № 2. С.56-63.

2. Кухаренко Т.А. Гуминовые кислоты различных твердых горючих ископаемых и возможность их использования в качестве сырья для производства гуминовых удобрений // Гуминовые удобрения. Харьков, 1957. С.19-28.

3. Уланов Н.Н. Возможности использования окисленных углей и гуминовых веществ в сельском хозяйстве // Гуминовые вещества в биосфере. М., 1993. С.157-161.

4. Орлов Д.С., Наумова Г.В., Амосова Я.М., Лизунова А.Л., Осипова Н.Н. Сравнительная характеристика гуминовых препаратов опытно-промышленных производств // Гуминовые вещества в биосфере. М., 1993. С.207-218.

5. Якименко О.С. Промышленные гуминовые препараты: перспективы и ограничения использования // Дождевые черви и плодородие почв: 2-я Междунар. науч.-практ. конф. Владимир, 2004. С.249-251.

6. Наумова Г.В., Райцина Г.И., Овчинникова Т.Ф. и др. Регулятор роста растений "Гидрогумат" из торфа. Инф. листок. 1990. № 124.

7. Бамбалов Н.Н., Лукошко Е.С., Смычник Т.П., Хоружик А.В. Особенности молекулярной структуры гуминовых кислот торфов различного ботанического состава // Теория действия физиологически активных веществ. Днепропетровск, 1983. Т. 8. С.20-23.

8. Шевченко Н.В., Кашинская Т.Я. Новые методы получения и активации ростостимулирующих веществ из торфа // Гуминовые вещества в биосфере: Тез. докл. 2-ой Междунар. конф. М., 2003. С.130.

9. Парфеновский А.П. Организация изготовления гуминовых удобрений // Гуминовые удобрения. Теория и практика их применения. Харьков, 1957. С.359-365.

10. Кравченко Р.Н., Реутов В.А., Ярчук И.И. Технологический режим получения гуматов натрия из торфа и некоторые характеристики препарата // Теория действия физиологически активных веществ. Днепропетровск, 1983. С.60-63.

11. Ряшенцев К.В., Драгунов С.С., Никифоров В.А., Гуменюк М.Б. Разработка нового метода производства гуминовых кислот из торфа с применением электрохимической регенерации реагентов // Химия и химическая технология. Вып. 3. М., 1966.

12. Родэ В.В., Аляутдинова Р.Х., Екатеринина Л.Н., Рыжков О.Г., Мотовилова Л.В. Стимуляторы роста растений из бурых углей // Гуминовые вещества в биосфере. М., 1993. С.162-166.

13. Трофимов А.Н. Способ получения жидкого комплексного гуминового удобрения / Патент РФ № 2015949, приоритет 26.12.91, регист. 15.07.94, Бюл. № 13.

14. Тишкович А.В., Шатихина Т.А. Физиологическая активность фракций гуминовых кислот торфа и их свойства // Теория действия физиологически активных веществ. Днепропетровск, 1983. Т. 8. С.83-85.

15. Булганина В.Н., Кузнецова Л.Н., Карлина И.А. Направления научно-исследовательских работ в лаборатории разработки и применения торфяной продукции для растениеводства // Торфяная промышленность. 1989. № 10. С.22-23.

16. Кальнин М.М. Технология получения гумата натрия из торфа // Гуминовые удобрения. Ч.2. Киев, 1962.

17. Соколова Т.В., Смычник Т.П., Дударчик В.М., Пехтерева В.С. Сорбционные свойства продуктов модификации торфа // Гуминовые вещества в биосфере: Тез. докл. 2-ой Междунар. конф. М., 2003. С.126.

18. Наумова Г.В., Сорокина Н.Ф., Косоногова Л.В., Кособокова Р.В. Получение биологически активных веществ из торфа // Теория действия физиологически активных веществ. Днепропетровск, 1983. Т. 8. С.80-83.

19. Булганина В.Н., Кузнецова Л.М., Щербаков В.А. Способ получения подкормки растений / Авторское свидетельство № 1323555, регист. 15.07.87, Бюл. № 26.

20. Смирнова В.В. Влияние концентрации бикарбоната натрия на выход лабильной фракции гумусовых веществ из торфа // Гуминовые вещества в биосфере: Тез. докл. 2-ой Междунар. конф. М., 2003. С.66-67.

21. Лясин Ю.М. Способ получения жидких суспендированных торфогуминовых удобрений / Патент № 2001038, приоритет 30.05.91, регист. 15.10.93, Бюл. № 37-38.

22. Ткаченко П.В., Шнапер Б.И., Савон А.С. Перспективы развития производства физиологически активных гуматов натрия на основе бурых углей // Теория действия физиологически активных веществ. Днепропетровск, 1983. Т. 8. С.91-94.

23. Драгунова А.Ф. Отношение гуминовых кислот к некоторым растворителям и ускоренные методы определения кислых функциональных групп // Гуминовые удобрения. Теория и практика их применения. Харьков, 1957. С.47-54.

24. Забрамный Д.Т., Таджиев А.Т., Софиев И.С., Черный В.В. Применение углей и гидролизного лигнина для производства гуминовых удобрений и продуктов, понижающих вязкость при бурении // Гуминовые и полимерные препараты в сельском хозяйстве. Ташкент, 1961.

25. Шнапер Б.И., Ткаченко П.В. Состояние и перспектива производства углещелочного реагента и буроугольного воска // Тр. совещ. по химии и технологии твердого топлива. М., 1988. С.2-7.

26. Юдина Н.В., Зверева А.В., Тихова В.И., Шакиров М.М. Структурные особенности гуминовых кислот, выделенных разными способами // Гуминовые вещества в биосфере: Тез. докл. 2 Междунар. конф. М., 2003. С.72-73.

27. Наумова Г.В. Гуминовые препараты и технологические приемы их получения // Гуминовые вещества в биосфере. М., 1993. С.178-188.

28. Чухарева Н.В., Шишмина Л.В., Маслов С.Г. Гидролиз гуминовых кислот // Гуминовые вещества в биосфере: Тез. докл. 2 Междунар. конф. М., 2003. С.71-72.

29. Гаврильчик Е.И., Гордин И.В., Кологов М.А. Способ получения стимулятора роста растений из торфа. А.с. 808076. СССР. Оpubл. 1981.

30. Орлов Д.С. Гуминовые кислоты почв. М., 1974. 56 с.

31. Лиштван И.И., Абрамец А.М. Гуминовые препараты и охрана окружающей среды // Гуминовые вещества в биосфере. М., 1993. С.126-139.

32. Христева Л.А. Углистые сланцы как один из возможных видов сырья для производства гуминовых удобрений // Гуминовые удобрения. Теория и практика их применения. Харьков, 1957. С.29-38.

33. Ларина В.А., Мирошниченко А.А., Китруская Т.В. Опыт применения удобрений в условиях Восточной Сибири // Гуминовые удобрения. Ч.2. Киев, 1962.

34. Ищенко А.В. Фульвокислоты: свойства и биологическая активность // Дождевые черви и плодородие почв: 2-я Междунар. науч.-практ. конф. Владимир, 2004. С.264-265.

35. Баталкин Г.А., Галушко А.М., Махно Л.Ю., Христева Л.А. О природе действующего начала физиологически активных гуминовых кислот // Торф, его свойства и перспективы применения. Минск, 1982. С.115-117.

36. Cifanskis S.L. Использование электрогидравлического эффекта и кавитационных технологий для получения жидких гуминовых препаратов // Дождевые черви и плодородие почв: 2-я Междунар. науч.-практ. конф. Владимир, 2004. С.279-280.

37. Чкония Т.К., Чхаидзе И.В., Пурцеладзе Б.Х., Рамазашвили Ю.Э., Рамазашвили Р.Э. Способ получения органоминерального удобрения / Авторское свидетельство № 1758041, кл. С 05 F 11/ 02, приоритет 14.08.90, регист. 30.08.92, Бюл. № 32.

38. Юдина Н.В., Зверева А.В., Ломовский О.И. Механохимический способ получения водорастворимых веществ из торфа // Гуминовые вещества в биосфере: Тез. докл. 2-ой Междунар. конф. М., 2003. С.133-134.

Reception humic of preparation

I.V. Grehova

In clause ways of reception humic preparations are analyzed: raw material, reagents, conditions of extraction humic acids (concentration of a reagent, temperature, pH a solution), clearing.

ВЛИЯНИЕ ПРЕПАРАТА «ГУМИТОН» НА ОСНОВЕ ГУМИНОВЫХ СОЕДИНЕНИЙ ТОРФА НА ПОКАЗАТЕЛИ НЕСПЕЦИФИЧЕСКОЙ РЕЗИСТЕНТНОСТИ ОРГАНИЗМА ЖИВОТНЫХ

Т.П. Жиликова*, С.Н. Удинцев, П.А. Кравецкий****

* Сибирский научно-исследовательский институт сельского хозяйства и торфа СО РАСХН, г. Томск, sibniit@mail.tomsknet.ru ,

** СПК “Нелюбино”, Томская область

Гуминовый препарат из торфа “Гумитон” повышает стрессоустойчивость животных, оказывает гастрозащитное и актопротекторное действие, стимулирует процессы кроветворения. Показана перспективность его применения в качестве кормовой добавки для сельскохозяйственных животных и птицы.

Психоэмоциональные и информационные нагрузки, гиподинамия, появление новых факторов, в том числе токсических, к которым организм не имеет эволюционно выработанных мер защиты – все это является причиной снижения неспецифической резистентности организма. Обычно для

профилактики повреждающих эффектов стресса и повышения резистентности организма используются препараты общеукрепляющего действия – адаптогены, витамины, антиоксиданты. В экстремальных ситуациях, требующих включения защитно-приспособительных реакций организма, природные вещества не уступают по своей активности синтетическим средствам и, зачастую, превосходят их.

В качестве таких стимуляторов перспективны препараты из торфа, в составе которых присутствует широкий спектр биологически активных веществ. Это аминокислоты, витамины, гуминовые и фульвокислоты. Показано, что гуминовые соединения способны усиливать активность обменных процессов в организме, повышать его сопротивляемость к неблагоприятным факторам внешней среды. Известны данные о положительных результатах применении гуминовых препаратов в комплексе лечения глазных, сердечно-сосудистых, желудочно-кишечных болезней, однако в официальном реестре лекарственных средств препараты из торфа единичны.

Поэтому создание безвредных и эффективных средств, способных влиять на уровень адаптационных возможностей организма является одной из ключевых проблем как современной медицины, так и ветеринарии.

«Гумитон», изготовленный на основе торфов Томской области, содержит комплекс соединений, обладающих высокой биологической активностью. 85 % сухого вещества составляют гуминовые и фульвокислоты. В его состав входят также карбоновые кислоты, 16 аминокислот (включая семь незаменимых), до 40 макро- и микроэлементов, витамины группы В, А, Е. Методами ИК-спектроскопии подтверждено наличие в гумитоне активных групп органических соединениях типа карбоновых кислот, фенолов, аминокислот, солей органических кислот, спиртов. Причем, содержание карбоксильных групп в гумитоне достигает 4,8 мг-экв/г, а фенольных гидроксиллов – 5,1 мг-экв/г сухого вещества, что, соответственно, в 5,3 и 3 раза превышает их содержание в гумате натрия, полученном из того же сырья.

Исследования токсичности препарата «Гумитон» проведены на трех видах животных – мышах, крысах и собаках. Ведение «per os» препарата в диапазоне доз от 50 до 5000 мг сухого вещества препарата на 1 кг веса не оказало токсического эффекта. Показано, что гумитон относится к классу малоопасных веществ (величина ЛД₅₀ при введении через рот свыше 1000 мг/кг), не обладает острой и хронической токсичностью, не оказывает эмбриотоксического и тератогенного действия.

В условиях иммобилизационного стресса (подвешивание за шейную складку на 22 часа) препарат из торфа гумитон показал высокую степень стресс-регулирующей активности, сравнимой с элеутерококком. Мыши получали гумитон или препарат сравнения экстракт элеутерококка в течение 6 дней до начала эксперимента, седьмое введение осуществляли за

1 час до подвешивания. Основное протекторное действие гумитона было направлено на снижение степени поражения слизистой оболочки желудка. Отмечено также повышение массы тимуса на 16-21 % по сравнению со стресс-контролем, что может оказывать положительное влияние на процессы кроветворения и иммунитет животных, а тем самым и на их устойчивость к заболеваниям и неблагоприятным факторам среды. Эффективная доза для дальнейших исследований на лабораторных животных составила 100 мг/кг.

Общая реакция организма при действии экстремальных факторов во многом зависит от состояния критических систем организма. Нами было изучено влияние гумитона на критические системы организма, характеризующиеся большой скоростью клеточного обновления – кроветворную и желудочно-кишечный тракт.

Влияние растительных экстрактов, повышающих резистентность организма, трудно оценить на здоровых животных без экстремальных нагрузок. Как показали эксперименты, введение гумитона здоровым мышам линии СВА способствовало незначительному (3.5-8.5 %) увеличению количества форменных элементов в периферической крови и стимуляции костномозгового кроветворения. Все эти изменения были в пределах нормы, хотя и наблюдалась выраженная тенденция к стимуляции данным препаратом. Поэтому в качестве тест-системы для выявления гемомодулирующей активности гумитона была использована модель циклофосфановой гипоплазии костного мозга. Гумитон вводили животным ежедневно в течение 10 суток, циклофосфан в дозе 100 мг/кг вводили на 4 и 7-е сутки от начала введения гумитона.

Нами показано, что введение мышам цитостатика приводит к резкому торможению процессов клеточного деления: значительно снижается число эритроидных (в 4.5 раза) и гранулоцито-макрофагальных (в 2.7 раза) клеток-предшественников, то есть элементов, за счет которых происходит восстановление подавленного кроветворения. В 1.6 раза по сравнению с интактными животными снижается общее количество миелокариоцитов. В периферической крови развивается лейкопения, эритропения и ретикулоцитопения. На фоне циклофосфановой гемодепрессии гумитон достоверно ($P \leq 0.05$) стимулировал выход как эритроидных, так и гранулоцитарно-макрофагальных клониеобразующих единиц. Активно идет процесс пролиферации, о чем свидетельствует увеличение общей клеточности костного мозга (18.2 ± 1.3 против 12.0 ± 0.9 клеток $\times 10^6$ при применении циклофосфана, $P \leq 0.05$), а также усиление дифференциации – достоверное увеличение (до уровня фона) количества зрелых гранулоцитов и эритроидных клеток. Применение гумитона способствовало более быстрым темпам восстановления картины периферической крови: на 4-е сутки после повторно-

го введения циклофосфана содержание форменных элементов достигало 51-72 % от фона против 38-45 % в контроле.

Механизм стимулирующего действия растительных адаптогенов обусловлен и содержанием в растительных экстрактах комплекса биологически активных веществ, обладающих антиоксидантной активностью [1]. Показано, что гуминовые кислоты обладают выраженной антиоксидантной активностью, сравнимой с эффектом аскорбиновой кислоты и дигидрокверцетина [2]. Преинкубация крови с гуминовыми кислотами способна полностью нивелировать окислительный стресс, вызванный пероксидом водорода [3]. Как было показано ранее, при иммобилизационном стрессе гумитон препятствует снижению массы тимуса, что может оказывать стимулирующее влияние на процессы костномозгового кроветворения. Т-лимфоциты являются основным источником ИЛ-3 и могут продуцировать ИЛ-1, необходимые для непосредственной стимуляции начала активной пролиферации ранних гемопоэтических прекурсоров [4, 5].

В исследованиях по изучению стресс-регулирующей активности гумитона было установлено, что повышение резистентности организма в стрессовой ситуации под действием данного препарата обусловлено его защитным действием на ЖКТ. Поэтому были проведены более полные исследования состояния ЖКТ при стрессе.

В настоящее время доказана роль стресса как главного или вспомогательного фактора язвенных поражений слизистой желудка. На модели нейрогенной язвы, вызванной иммобилизационным стрессом, количество животных с язвами в контроле достигает 83 %. Профилактическое введение гумитона в 1.8 раза уменьшило число животных, имеющих язвы, среднее число изъязвлений в опытной группе достоверно снизилось в 3.5 раза.

Возможно, гастропротекторное действие гумитона и, соответственно, повышение неспецифической резистентности, объясняется его способностью снижать степень эмоциональной реакции, следствием которой является формирование язв слизистой оболочки желудка, а также оказывать регулирующее воздействие на энергетический обмен в организме, и, в частности, в стенке желудка. О последнем свидетельствует высокая степень противоязвенной активности (23 балла) на модели резерпинового повреждения желудка. Профилактический курс природных препаратов (гумитона и пеллоидина) составлял 7 введений. Резерпин вводили орально в дозе 15 мг/кг в 5 % растворе диметилсульфоксида (ДМСО) двукратно с интервалом 4 часа. По мнению И.С. Заводской и Е.В. Моревой [6], причиной повреждающего действия резерпина является его непосредственное действие на ткань желудочной стенки, в основе которой – дискоординация процессов энергообразования.

При введении резерпина мышам контрольной группы в 89 % случаев возникали язвенные дефекты в слизистой оболочке желудка. Применение гуминового препарата существенно уменьшило выраженность язвенного процесса ($P \leq 0.05$): язвы отмечены у 33 % животных, степень изъязвления снизилась в 9 раз, площадь изъязвления в 12 раз по сравнению с контролем. Полностью отсутствовали крупные и полосовидные язвы, а число точечных язв уменьшилась в 8 раз.

Снижение выраженности язвенного процесса при введении гумитона возможно как за счет описанного выше механизма формирования повышенной сопротивляемости к различного рода повреждающим факторам, так и в результате непосредственного протекторного действия на слизистую желудка, связанного с поверхностно-активными свойствами гуминовых веществ [7]. Известны также адсорбирующие, вяжущие и обволакивающие свойства полисахаридов, входящих в состав препарата. Присутствие в гумитоне специфических фенольных соединений, обладающих свойством уменьшать проницаемость и увеличивать прочность клеточных и сосудисто-тканевых барьеров, также следует рассматривать как один из механизмов протекторного действия препарата.

Наиболее адекватная информация о действительной эффективности исследуемых препаратов может быть получена на модели хронического патологического язвенного процесса, сопровождающегося активацией процесса перекисного окисления липидов (ПОЛ) в органах системы пищеварения, почках, сыворотке крови. Одной из причин снижения репаративных возможностей слизистой оболочки желудка при язвенной болезни является способность продуктов ПОЛ тормозить процессы пролиферации [8]. Следовательно, усиление антиоксидантной защиты является важным фактором повышения неспецифической резистентности организма.

Гуминовые кислоты по химическому строению можно рассматривать как полифенолы. Известна способность полифенолов оказывать антиоксидантное действие как путем непосредственного захвата свободных радикалов, так и участвуя в восстановлении других антиоксидантов [2, 9, 10]. Описана также антиоксидантная активность липидной фракции торфов и гуминового комплекса [11, 12].

Хроническую ацетатную язву желудка по С.Н. Буданцевой (1973) моделировали на крысах линии Wistar с исходной массой 230-250 г. Под легким эфирным наркозом у крыс производили лапаротомию по белой линии живота, в подсерозный слой передней поверхности желудка вводили 0.05 мм 5 % уксусной кислоты; рану зашивали послойно. Гумитон вводили внутрижелудочно через зонд однократно, ежедневно, начиная со дня индуцирования язвы, курс фармакотерапии составил 12 введений. Аналогично вводили и препарат сравнения пелоидин.

О наличии антиоксидантного действия изучаемого гуминового препарата свидетельствует выраженная митотическая активность по краям язвы и в сохранившемся эпителии. На модели хронической язвы желудка гистологическими и гистохимическими исследованиями было показано, что и гумитон и препарат сравнения пелоидин увеличивали число митозов, содержание ДНК и РНК в дне и краях язвы. Так число митозов в крае язвы при применении пелоидина на 7-е сутки было больше, чем в контроле в 1.5 раза, при применении гумитона – в 8 раз. Уже на 14 сутки после операции площадь язвы у крыс, принимавших гумитон, была почти в 2 раза меньше, чем у животных, леченных пелоидином. Менее выражен отек слизистой, фундальные железы не расширены, увеличено количество добавочных клеток фундальных желез и стимулируется выработка их секрета. Очищенные язвы от некротических масс наступило раньше, чем в контроле, на 7 суток. На 21-е сутки после индуцирования язвы ее площадь у контрольных крыс уменьшилась в 3.3 раза, а под действием гумитона – в 7 раз.

Таким образом, гумитон показал высокую степень противоязвенной и антистрессовой активности. Репаративные свойства гумитона проявляются в ускорении заживления хронического язвенного дефекта как за счет усиления образования защитных компонентов (нейтральных и кислых гликозаминогликанов), снижения кислотно-пептической агрессии, так и благодаря возрастанию числа самих добавочных (слизистых) клеток и более активному созреванию грануляционной ткани.

При изучении механизма действия адаптогенов выявлено, что их защитные свойства проявлялись только на фоне тех или иных нагрузок на организм. В качестве нагрузки было выбрано принудительное плавание с грузом до полного утомления. Гумитон и пирарцетам вводили ежедневно перорально внутрижелудочным зондом в течение 10 дней – пяти дней профилактически и в дни эксперимента за 1 ч до первого плавания мышей. Применение пирарцетама и гумитона в 1.4-2.4 раза повышало работоспособность организма к физическим нагрузкам, причем гумитон активнее увеличивал время первого и повторного плавания по сравнению с пирарцетамом во все дни эксперимента. Применение гумитона на фоне максимальных физических нагрузок способствует повышению массы животных до 10 % к исходной массе при неизменной в контроле, препятствует чрезмерному утомлению организма, обеспечивает полное восстановление сил за короткий отрезок времени.

Способности гумитона повышать неспецифическую сопротивляемость организма различного рода повреждающим факторам как за счет снижения степени эмоциональной реакции на стрессы, регулирующего воздействия на энергетический обмен в организме, стимуляции кроветворения, так и благодаря непосредственному протекторному действию на желудочно-кишечный тракт делает перспективным его применение в сельском хозяйстве.

Изучение воздействия гумитона на жизнеспособность молодняка крупного рогатого скота проводили на новорожденных телятах, отличающихся низким уровнем изучаемых физиологических показателей. Животные характеризовались сниженной подвижностью, преимущественным пребыванием в лежачем положении, отсутствием аппетита, нарушением функции желудочно-кишечного тракта (ЖКТ). Телята в контрольной группе получали в качестве средств реабилитации травяные настои. Опытным животным вместо настоя ежедневно однократно добавляли 1 % раствор гумитона в количестве 20 мл до выздоровления.

Средняя продолжительность периода реабилитации новорожденных телят, получающих стандартную терапию, составляла 6.28 ± 0.71 дней/В опытной группе сроки восстановления достоверно сократились до 3.95 ± 0.21 дней ($P_u < 0.01$, $P_t = 0.01$). Сокращение сроков реабилитации слаборожденных телят на 37 % особенно заметно сказывается на темпах набора живой массы в первый месяц жизни. К 30-дневному возрасту средняя масса телят, пролеченных гумитоном, превышает контрольную на 7.7 %, а их среднесуточный привес – на 23 % ($P_t \leq 0.05$). Через 2 месяца после рождения различия по массе между телятами опытной и контрольной групп сглаживались.

Влияние гумитона на частоту осложненных родов, неспецифическую резистентность организма коров и показатели их продуктивности было исследовано на 16 стельных коровах черно-пестрой породы класса элита в возрасте 28-31 месяц живой массой 490-505 кг. Из животных были сформированы две группы по 8 голов: контрольная, состоящая из коров, находящихся на обычном режиме содержания и опытная. Коровы опытной группы получали в течение 1 месяца до отела 1 % раствор гумитона в количестве 50 мл ежедневно.

В ходе эксперимента не было выявлено отличий между течением стельности у коров опытной и контрольной групп. Тем не менее, у 7 из 8 контрольных животных имели место осложненные отелы; у всех коров, получавших препарат, данный процесс на всех стадиях протекал нормально, послеродовые осложнения отсутствовали ($P_f < 0.0025$).

Особую значимость с точки зрения оценки неспецифической резистентности имеет анализ лейкоцитарной формулы. Интегральным критерием оценки функционального состояния организма является индекс Бредекка, выражающий отношение количества лимфоцитов и палочкоядерных нейтрофилов: увеличение его свидетельствует о повышении уровня неспецифической резистентности, снижение является признаком противоположного процесса. Средние исходные показатели индекса Бредекка у животных обеих групп достоверно не отличались, не превышая величины 3.4-5.4 практически у всех коров (у 14 из 16).

Этот показатель оказался существенно ниже, чем величина, рассчитанная на основании региональной нормы (10.3), что позволяет предполагать крайне низкий исходный уровень резистентности коров. В контрольной группе во все сроки исследования показатели индекса не отличались достоверно от исходных. В то же время, у животных опытной группы через 1 месяц после окончания курса применения гумитона показатели индекса Бредекка составили 15.96 ± 5.62 против 5.0 ± 0.69 в контроле ($P_U < 0.05$), что практически в 4 раза превышает как контрольные, так и исходные величины. Через 3 месяца после окончания применения препарата показатели индекса Бредекка у всех животных вернулись к исходным величинам, средняя величина не отличалась от данных контроля. Аналогично изменялся и уровень антиоксидантной активности плазмы крови: через 1 месяц после отела данный показатель в опытной группе превышал контрольный на 23 % (58.2 ± 4.2 и 47.3 ± 3.9 мэкв соответственно, $P_U < 0.05$). Полученные данные и их анализ позволяет делать вывод о выраженной способности препарата повышать неспецифическую резистентность организма с динамикой, характерной при применении препаратов-адаптогенов [13]. Можно полагать, что результатом повышения неспецифической резистентности организма у коров является снижение частоты патологических отелов.

При анализе продуктивности животных через 1 и 2 месяца после отела (после окончания применения препарата) показатели надоев у коров контрольной и опытной групп не отличались, но через 3 и 4 месяца среднесуточные надои были на 3-3.5 литра выше у животных, получавших препарат. Данная динамика у коров опытной группы соответствует изменению индекса Бредекка и антиоксидантной активности сыворотки крови, но со смещением по времени на 1-2 месяца. Можно предполагать, что повышение уровня неспецифической резистентности оказывает позитивное отсроченное влияние на эффективность лактации.

Эффективность применения гумитона в птицеводстве была подтверждена в условиях экспериментального хозяйства на 700 цыплятах-бройлерах. Препарат выпаивали с чистой питьевой водой в дозе 0.35 мл/кг живой массы цыплят в течение первых 35 дней их жизни. Эксперимент отличался высоким уровнем сохранности поголовья и в контрольной (98 %) и в опытной (98.6 %) группах. Гумитон способствовал лучшему перевариванию и усвоению питательных веществ кормов. Несмотря на достаточно высокие показатели среднесуточного прироста живой массы в контрольной группе, выпаивание гумитона позволило увеличить прирост на 5 % (49.4 г и 51.8 г соответственно за 35 дней выращивания). При этом расход корма на единицу прироста живой массы за период выращивания составил 1.67 кг или на 5.2 % ниже, чем в контрольной группе.

Введение в рацион гуминовой кормовой добавки положительно влияет на качество получаемой продукции: увеличивается уровень витаминов А, В₂ в печени и мясе, содержания золы, кальция и фосфора в костяке.

Эффективность производства в условиях применения гумитона с учетом снижения расхода корма на единицу прироста живой массы, увеличения сохранности и весовых показателей бройлеров составила 7.1 %.

Таким образом, результаты, полученные в экспериментах и в ходе производственных испытаний, свидетельствуют о способности препарата “Гумитон” повышать неспецифическую резистентность организма животных, что может быть использовано при выращивании сельскохозяйственных животных.

Литература

1. Пашинский В.Г., Аксиненко С.Г., Горбачева А.В., Кравцова С.С., Хасанов В.В., Ненашева Г.А. Влияние настойки надземной части *Filipendula ulmaria* (Rosaceae) на регенерацию гемопоэза после введения цитостатика // Раст. ресурсы. 2005. Т. 41. Вып. 1. С. 121-125.

2. Федько И.В., Гостищева М.В., Исмадова Р.Р. К вопросу об использовании биологически активных гуминовых веществ в медицине // Химия растительного сырья. 2005. №1. С. 49-52.

3. Аввакумова Н.П. Гуминовые пелоидопрепараты: перспективы использования в медицинской практике // Болота и биосфера: Сб. материалов Пятой Науч. Школы (11-14 сент. 2006 г.). Томск: Изд-во ЦНТИ, 2006. С. 63-72.

4. Ноздрачев А.Д., Баженов Ю.И., Батуев А.С. и др. Начала физиологии: Учебник для вузов / Под ред. акад. А.П. Ноздрачева. – СПб.: Лань, 2001. 1088 с.

5. Шерстобоев Е.Ю. Механизмы локальной регуляции кроветворения при экстремальных воздействиях: Автореф. дис. докт. мед. наук. Томск, 1999. 41 с.

6. Заводская И.С., Морева Е.В. Фармакологический анализ механизмов стресса и его последствий. Л.: Медицина, 1981. 212 с.

7. Попов А.И. Свойства гуминовых веществ, определяющих их биологическую активность // Гуминовые вещества в биосфере: Тез. докл. III Всерос. конф. (СПб., 1-3 марта 2005). СПб., 2005. С. 42-43.

8. Дегтярёва И.И., Харченко Н.В. Язвенная болезнь (современные аспекты диагностики и лечения). Киев: Здоров'я, 1995. 336 с.

9. Чернов Ю.Н., Бузлама А.В., Дронова Ю.М. Полифенольные соединения: структура, свойства и прикладные аспекты применения // Фарматека. 2004. № 8. С. 43-48.

10. Юдина Н.В., Писарева С.И., Саратиков А.С. Противовязвенная активность фенольных соединений торфа // Химия растительного сырья. 1998. №4. С. 29-32.

11. Кураколова Е.А., Матис Е.Я., Опалинская А.М., Москвин В.П., Волкова Ю.П., Большакова Н.Ю. Углеводороды, каротиноиды и антиоксиданты в сапропелях и торфах Томской области // Сб. научных трудов ВНИИТП. 1990. Вып. 64. С. 42-47.

12. Юдина Н.В., Писарева С.И., Пынченков В.И., Лоскутова Ю.В. Параметры оценки биологической активности органического вещества сапропелей // Химия растительного сырья. 1998. № 4. С. 33-38.

13. Яременко К.В. Адаптогены как средства профилактической медицины. Томск: Изд-во Том. ун-та, 1990. 96с.

The influence of humiton, a peat humic acids origin drug, on the parameters of nonspecific resistance of animals

T.P. Zhiljakova, S.N. Udintsev, P.A. Kravetsky

The peat humic drug humiton increases the stress-resistance of animals, renders gastroprotective action, increases the physical activity and stimulates the processes of haemopoiesis. The perceptivity of one' application as a fodder supplement is shown on agricultural animals and in a poultry.

ПРОБЛЕМЫ РАЦИОНАЛЬНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТОРФЯНЫХ РЕСУРСОВ (РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ ПРОБЛЕМНОЙ ЛАБОРАТОРИИ АГРОЭКОЛОГИИ ЗА 10 ЛЕТ РАБОТЫ)

Л.И. Инишева

Томский государственный педагогический университет, г. Томск,
inischeva@mail.

Описывается история организации Проблемной лаборатории ТГПУ и полученные за этот период результаты.

В 1997 была организована Проблемная лаборатория ТГПУ с целью развития направления по рациональному использованию торфяных ресурсов. Но прежде обратимся к истокам ее возникновения.

Первые работы по исследованию торфа на кафедре ботаники ТГПУ были начаты в 1961 году под руководством Георгия Николаевича Блинкова и имели целью разработку теоретических и практических вопросов использования торфа в сельском хозяйстве. В этот период на кафедре занимались как фундаментальными исследованиями (характеристика торфяных болот, свойства торфов и торфяных залежей), так и прикладными (технология приготовления торфяных компостов, торфо-минеральных удобрений). По результатам исследований было опубликовано более 100 научных статей, а в 1975 году вышла монография Г.Н. Блинкова «Торфяники и их использование в сельском хозяйстве», в которой была обобщена многолетняя работа кафедры в этом направлении. На основании исследований кафедры ботаники были разработаны практические рекомендации по комплексному использованию торфяников в сельском хозяйстве Томской области, что положило начало их освоению с 1964 года. За указанные работы проф. Г.Н. Блинков был награжден областной премией и ему был вручен Диплом I степени.

По результатам исследований были представлены и защищены кандидатские диссертации А.Ф. Боровковой (Торф, его агрохимические свойства и использование на удобрение, 1967), В.Е. Аристарховой (О торфяных удобрениях и их использовании в комплексе с другими удобрениями, 1969), М.М. Рачковской (Об использовании торфа в качестве субстрата в теплицах и парниках, 1969); В.А. Дыриным (О биологической активности низинных торфяников Томской области, 1978).

Торф богат азотом, его содержание колеблется от 1,8 до 3,17 % в зависимости от глубины торфяного слоя. Наибольшее количество азота находится в верхних слоях торфяника, а по мере углубления оно закономерно снижается (Блинков, Козлова, 1964, 1965). Г.Н. Блинков объясняет этот факт высокой активностью в указанных слоях азотобактера, обусловленной лучшими условиями аэрации и благоприятным температурным режимом. Таким образом, первые исследования микрофлоры начались с выявления в торфе азотобактера и изучения его активности (Блинков, Желнова, 1965). В дальнейшем было определено содержание в торфе микроорганизмов (Аристархова, 1968). Более глубокое изучение микрофлоры было осуществлено в 1973-1975 гг. (Дырин, 1975; Дырин, Блинков, 1976).

Уникальные исследования проводились в этот период с многолетним люпином, как перспективной культурой для изготовления торфорастительных компостов (Романова, Аристархова, 1969). При урожае 300-500 ц с га зеленой массы посев люпина даёт возможность хозяйствам заготовить с 1 га от 120 до 200 тонн торфолюпинового компоста. Важно отметить, что эти исследования весьма актуальны и в настоящее время, когда плодородие почв России резко снижается.

Опыты по изучению эффективности торфяных удобрений на серых лесных почвах кафедры ботаники ТГПИ начала проводить в Томском районе с 1961 года (Блинков, 1963; Блинков, 1975; Боровкова, 1965; Блинков, Аристархова, 1969; Боровкова, 1968, 1976; Аристархова, 1969). Одновременно на торфяных почвах сотрудниками кафедры проводились опыты по эффективности использования их под культуры овса, клевера, гороха, ржи, капусты, кукурузу и сою.

В дальнейшем особое внимание уже уделялось стационарным исследованиям, результаты которых позволили определить параметры мелиорации торфяных месторождений, приёмы их сельскохозяйственного освоения и технологии использования, разработать нормативы для проектирования, строительства мелиоративных систем на выработанных торфяниках и рационального их использования на территории Западной Сибири. Эти работы проводились в тесном содружестве с Сибирским научно-исследовательским институтом торфа СО РАСХН.

В 1997 г. в ТГПУ приказом ректора была организована Проблемная лаборатория агроэкологии, основной целью исследований которой являлось расширение работ по торфяному направлению. В качестве первоочередной задачи было принято проведение на торфяно-болотных экосистемах фундаментальных исследований мониторингового плана. В этом же году Проблемной лабораторией совместно с СибНИИТ СО РАСХН был организован научно-исследовательский полигон «Васюганье» площадью 200 км², на территории которого располагаются как естественные, так и мелиорируемые торфяно-болотные экосистемы (лесо- и сельскохозяйственная мелиорация, поля добычи торфа, выработанные торфяники). К работе на стационаре подключились институты СО РАН, Томский государственный университет, Московский институт микробиологии СО РАН, Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Университет Нешатель (Швейцария). При создании лаборатории были определены следующие направления в исследованиях.

ПЕРВОЕ направление включало исследования закономерностей функционирования торфяно-болотных экосистем в условиях воздействия природных и антропогенных факторов с целью их рационального использования.

Были проведены исследования торфяных болот на территории Томской и Тюменской областей, Хакасии. Результаты систематизированы в виде карт масштаба 1:500000, карт-схем направлений использования торфяных ресурсов, баз данных по торфяным месторождениям. Освоены новые методы: изучение микробиологической активности, определение общей численности и биомассы микроорганизмов прямым методом с использованием люминесцентной микроскопии, вычисление эукариотной микробной

биомассы с учетом замеренного диаметра спор и мицелия. Все это позволило провести в дальнейшем расчет доли углерода микробной биомассы от общего содержания органического вещества. Достаточно подробно изучен энзимологический состав торфов разного генезиса. При анализе болотных вод использовались аттестованная методика количественного атомно-эмиссионного анализа и параллельно нейтронно-активационный анализ на ядерном реакторе ИРТ-2000. Изучение окислительно-восстановительных и температурных условий формирования гидрохимического стока с заболоченного водосбора проводится на основе стационарно заложённых в торфяную залежь датчиков, разработанных в лаборатории.

Проведены детальные исследования по изучению физико-химических свойств торфов, изучены свойства гуминовых кислот (ГК) и их изменение в процессе торфообразования. Так ИК-спектры ГК были исследованы на ИК-Фурье-спектрометре Vector-22 фирмы Bruker, измерение содержания парамагнитных центров проводили на EPR spectrometer SE/X-2544 марки RADIPAN; особенности молекулярной структуры ГК изучали с помощью метода ЯМР-спектроскопии. Были установлены особенности состава и свойств гуминовых кислот западносибирских торфов, получены характеристики молекулярных параметров гуминовых кислот, выявлены особенности молекулярного строения ГК на разных стадиях гумификации болотных растений в процессе торфообразования. Полученные результаты были обобщены в многочисленных статьях сотрудников лаборатории и в диссертации А.В. Савельевой.

Проведены исследования микрофлоры олиготрофных и эвтрофных болот в комплексе с изучением гидрологического, температурного, гидрохимического режимов. Полученные результаты позволяют объяснить эволюционные процессы, происходящие при заболачивании территории. В системе геохимически сопряженных ландшафтов был определен вынос конечных продуктов распада, составляющих основу химического состава болотных вод, разработана математическая модель. Проведенная верификация модели показала удовлетворительную сходимость рассчитанных и фактически наблюдаемых гидрографов распада веществ в замыкающем створе болотной реки.

В полевых условиях с применением метода трансект-катены были изучены балансы веществ в системе: автономный ландшафт-транзитный-трансаккумулятивный. Трансект-катена является натурной моделью с фиксируемыми и сопряженными параметрами, которая в полной мере отражает реальные природные условия развития экосистем. Метод весьма перспективен для природных экосистем.

Большое внимание было уделено изучению круговорота углерода в торфяных болотах. Хорошо известно, что болота играют важную роль,

например, в поддержании состава атмосферного воздуха. Болотная растительность обогащает атмосферу кислородом и усваивает углекислый газ, изымая из планетарного цикла углерод и консервируя его в торфяниках на тысячи лет. Одним из “парниковых газов” является метан (CH_4). Суммарный поток метана в атмосферу из всех источников составляет 500 Тг CH_4 в год. Согласно оценкам ученых вклад болот России может составлять 25-50% от всего потока метана с территории РФ, причём, западносибирские болота поставляют примерно половину метана с болот. Исследования, проведенные в полевых условиях (Паников и др., 1993), позволили уточнить эти цифры. В результате получилось, что вклад западносибирских болот в эмиссию метана не превышает 1.7 Тг/год, что составляет менее 1 % от глобальной эмиссии (500 Тг/год).

Несколько слов о происхождении метана в болотах. Торфяные залежи по окислительно-восстановительным условиям разделяются на две части: окислительную (аэробную) и восстановительную (анаэробную). В последней процессы трансформации органического вещества не затухают, так как бактерии «работают» активно и в анаэробных условиях. Результатом их жизнедеятельности является продуцирование CO_2 и CH_4 . Часть их выделяется из торфяных залежей по законам диффузии газов, а большая остается в толще торфа и освобождается лишь при нарушении болота (CH_4), либо растворяется в болотной воде (CO_2). Соотношение между потоками углекислого газа и метана (важных компонентов атмосферного воздуха, регулирующих проявления “парникового эффекта”) определяет “вклад” болотного региона в возможное потепление глобального климата. В настоящее время по данной теме работает аспирантка М.А. Сергеева. В 2002 г. была защищена диссертация по образованию и выделению метана и диоксида углерода в глубоких торфяных месторождениях Берндом Айлрихом из Университета де Неушатель (Швейцария), который проходил стажировку в Проблемной лаборатории ТГПУ.

На основании изучения роли углеродного цикла в развитии болот коллективом получены результаты по депонированию углерода на Васюганском болоте, эмиссии CO_2 и CH_4 , выносу углерода с латеральным и почвенно-болотным стоком, подсчитан баланс углерода, выявлено преобладание депонирования над расходом в виде эмиссии CO_2 и CH_4 и выноса углерода с латеральным стоком. Доказано преобладание процесса заболачивания на данном этапе развития Васюганского болота. Защищена кандидатская диссертация Е.А Головацкой. **Исследования по данному направлению поддержаны 17 грантами РФФИ, 2 – «Университеты России»; 2 – Минобрнауки России; 1 – ФЦП «Интеграция науки и высшего образования России».**

Результатом исследований на мелиоративных и выработанных торфяных месторождениях явились “Концепция охраны и рационального

использования торфяных болот России”, карта-схема перспективных мелиораций (М 1:500000), “Руководство по сельскохозяйственному использованию мелиорируемых торфяных почв” (получен диплом и 3 медали ВВЦ) и «Система показателей современного состояния выработанных торфяных почв Сибири и их сельскохозяйственное использование».

Всего по направлению защищено 6 кандидатских диссертаций, опубликовано 12 монографий.

ВТОРОЕ направление исследований связано с изучением физико-химических и биологических свойств торфов и получением продукции на основе торфа, сапропеля и других болотных образований. Были проведены обширные исследования свойств образцов из коллекции западносибирских торфов, собранной сотрудниками лаборатории в экспедициях. При этом ставились следующие задачи: изучить фракционно-групповой и фракционный составы азота органического вещества торфов разного генезиса; выявить особенности гуминовых кислот торфов разного генезиса; обосновать параметры биохимической устойчивости торфов; разработать классификацию торфов сельскохозяйственного назначения.

Десятилетняя деятельность сотрудников лаборатории по выполнению этих задач позволила получить ряд новых результатов. На основании глубокого изучения химического состава торфов разного ботанического состава с помощью факторного анализа было проведено исследование природы торфа как многомерной структуры. Были выделены основные факторы и установлена иерархия по степени информативности: сумма гуминовых кислот, содержание липидов, зольность, сумма минерального и легкогидролизуемого азота. В качестве базового для разработки классификации торфов сельскохозяйственного назначения был выбран первый параметр, обладающий двумя важными признаками: а) обладает определяющим влиянием на остальные свойства торфов, б) имеет непосредственное отношение к биохимической устойчивости торфов.

Таким образом, впервые была сделана попытка обобщенной характеристики агрохимических и химических свойств западносибирских торфов. Разработана классификация торфов и база данных “Химия торфов” (Свидетельство № 97002). По материалам исследований была защищена кандидатская диссертация Т.В. Дементьевой.

На основании режимных исследований на выработанных торфяных почвах южно-таежной подзоны Западной Сибири была выявлена направленность трансформации органического вещества торфяных почв разного генезиса и защищена кандидатская диссертация Е.В. Порохиной.

Большое значение при изучении западносибирских торфов всегда придавалось их биологическим свойствам. В исследованиях сотрудников и аспирантов лаборатории была дана оценка ферментативной активности торфов

разного генезиса и разного геоморфологического положения; подготовлено «Руководство по ферментативному анализу торфов и торфяных почв» совместно с сотрудниками Института экспериментальной ботаники им. В.В. Куревича (Беларусь). На основе отдельных ферментов была осуществлена оценка торфов по биохимической устойчивости. В 2002 году О.Г. Савичева защитила кандидатскую диссертацию по этому направлению.

Традиционным способом решения проблемы биохимической деструкции торфов разного ботанического состава, исследования химического состава и микробиологической активности торфяных залежей болотных ландшафтов являются полевые работы. Однако торфяные залежи характеризуются большим разнообразием торфов, поэтому процесс исследования биохимической деструкции торфов в полевых условиях – дело весьма трудоемкое и дорогое. Нами были использованы методы исследования биохимической деструкции торфа (метод точной навески), который позволяет на основе физического и математического моделирования разработать прогноз деструкции торфов. По результатам модельных экспериментов были рассчитаны скорости трансформации органических веществ торфов разного ботанического состава, построены кривые кумулятивного накопления CO₂.

Большая работа проведена лабораторией по изучению закономерностей содержания, распределения и динамики химических элементов в торфах Западно-Сибирского региона. Поставленные задачи нашли свое выражение в оценке фонового содержания химических элементов в западносибирских торфах, закономерностей их распределения и накопления. Впервые были проведены исследования по влиянию условий торфогенеза на динамику подвижных химических элементов. Было установлено, что по способности накапливать химические элементы верховые и низинные торфа образуют следующие ряды соответственно: *пушицево-сфагновый* → *мочажинный* → *комплексный* → *фускум* и *древесный* → *древесно-осоковый* → *осоково-гипновый* → *гипновый*.

ТРЕТЬЕ направление исследований связано с углубленным химико-фармакологическим изучением торфов и сапропелей. Весьма перспективным направлением использования высокомолекулярных веществ торфов и сапропелей является применение их в медицине в качестве транспортных систем, которые необходимы для направленной доставки различных лекарственных препаратов к органам–мишеням. В настоящее время на мировом рынке фармацевтических технологий наблюдается повышенный спрос на лекарственные формы нового поколения, разработанные на принципе целевой доставки. Широкомасштабный химико-фармакологический скрининг компонентов болотных образований выявил интересные и перспективные направления их применения в медицине.

Изучение новых биологически активных соединений природного происхождения, а также поиск и разработка новых оригинальных, экспрессных методов исследования этих веществ является актуальной фундаментальной проблемой современного естествознания. Однако до настоящего времени биологическая активность высокомолекулярных веществ определялась опосредованным способом – по активности растительных клеток, по специфическим химическим реакциям и т.д. Был разработан экспрессный метод определения биологической активности животной клетки на основе использования в качестве теста обратимой агрегации эритроцитов, что является перспективным направлением современной биологии. Этот метод позволяет выбрать из множества образцов наиболее информативные для последующих скрининговых исследований. Полученные результаты были оформлены в виде заявки на патент, получено положительное решение.

Дальнейшие исследования были направлены на химиико-фармакологическое исследование специфических веществ торфов и сапропелей. Скрининговые исследования показали, что получаемые из болотных образований высокомолекулярные вещества относятся к малотоксичным при внутривнутренном и практически нетоксичным при внутривнутренном способах введения, а также характеризуются антимикробными, противовоспалительными, ранозаживляющими свойствами. Были разработаны методики стандартизации отдельных болотных образований и проект нормативной документации (ФС) на сырьевой источник. Экспериментально была обоснована возможность использования данных веществ в медицинской практике и получение на ее основе лечебно-профилактических средств. По данной теме в СибГМУ защищена диссертация И.В. Федько и подготовлена диссертация М. В. Гостищевой.

Инновационная работа – это логический результат завершающей стадии научно-исследовательской работы. В этом направлении лабораторией разрабатываются научные основы получения многоцелевых композиционных материалов путем подбора торфов с заданными характеристиками, обеспечивающими качество продукции, экологическую безопасность и экономическую эффективность. Подбором торфов разного химического и биохимического состава можно получить достаточно много сочетаний органических удобрений (ОУ) на торфяной основе. Органические удобрения на основе торфа кроме питательных компонентов могут содержать разные вещества направленного действия (отходы животноводства, органические отходы различных производств и др.). Такие свойства торфа обусловлены функциональными группами (карбокисильные, фенольные, метокисильные, амидные), которые обуславливают их взаимодействие с разными компонентами. Многочисленные опыты с разными видами торфов в сочетании с другими компонентами проводились при непосредственном участии со-

трудников, аспирантов лаборатории (Савичевой О.Г., Рогозина В.И. и др.), а также студентов ТГУ, ТГПУ.

Вышеизложенные принципы положены в основу производства и эграторудобрений. Состав эграторудобрений обеспечивает оптимальное соотношение конкретного вида торфа, минеральных удобрений, микроэлементов, гуминовых кислот, отходов животноводства, птицеводства, и других компонентов. Каждый состав оптимизируется под определенную культуру, т.е. имеет целевое назначение. Достоинства эграторудобрений: а) снижение выноса элементов питания до 60-80 % и, таким образом, предотвращение загрязнения почв и окружающей среды; б) локальное внесение (в лунку, в прикорневую зону) позволяет повысить использование растениями питательных элементов до 90 %; в) поликомпонентность состава эграторудобрений позволяет получить сельскохозяйственную продукцию высокого качества; г) адресность эграторудобрений существенно повышает их эффективность и снижает потери при латеральном выносе мигрирующим потоком осадков. Отличительной особенностью данного вида гранул является сравнительно низкие энергоемкость и металлоемкость их получения. Окатанный торф имеет высокую насыпную массу, обладает хорошей сыпучестью и низкой пылеватостью, низким водопоглощением сухих гранул. Экономическая эффективность эграторудобрений: на 1 рубль затрат можно получить 15 рублей прибыли. При их внесении в полтора раза повышается урожай и увеличивается сопротивляемость растений к грибным и бактериальным заболеваниям.

Сотрудниками лаборатории проделана большая работа в этом направлении: проведены патентные исследования; разработана рецептура эграторудобрений; частично разработаны основы технологического процесса гранулирования торфа; на предлагаемый способ гранулирования и составы эграторудобрений получен патент (№ 2009630) и технические условия (ТУ 0392-001-02080115-2001); оформлен торговый знак – эгратор-экологический гранулированный торф; продукция демонстрировалась на многих инновационных выставках, отмечена грамотами и дипломами; получено 3 патента на продукцию из торфа.

Учебный процесс. До настоящего времени профессиональная подготовка специалистов торфяной отрасли проводилась только в Тверском государственном техническом университете по направлению – горное дело. Специалисты торфяного направления в сибирских высших учебных заведениях никогда не готовили.

Вместе с тем, Западная Сибирь, в которой сосредоточено 30 % мировых запасов торфа, нуждается в квалифицированных специалистах, владеющих знаниями в области болотообразования, геологии и разведки торфяных месторождений, физико-химических свойств болотных образований,

мелиорации и рационального использования торфяных болот, технологии добычи и переработки торфа и сапропеля.

На данный момент в Томском государственном педагогическом университете открыта специализация «Торфяные ресурсы и торфопользование», издано 7 учебных пособий, готовятся ещё 8 пособий. С 2006 года на базе лаборатории агроэкологии организован студенческий кружок по торфяному направлению, на котором проводятся теоретические семинары и лабораторные работы студентов всех ВУЗов г. Томска. С 2002 г. ежегодно на базе ТГПУ проводится Школа молодых ученых «Болота и биосфера».

В Проблемной лаборатории агроэкологии ТГПУ для успешного развития торфяного направления имеются все условия: химическая и микробиологическая лаборатории, мелиоративно-болотный стационар, картографический материал, базы данных по торфяному направлению, опытно-производственная база, литература по торфяной тематике, компьютерный и учебный классы.

В 2006 году Проблемная лаборатория агроэкологии была аккредитована в «Системе аккредитации аналитических лабораторий (центров)» и внесена в ГОСРЕЕСТР аккредитованных лабораторий (№ РОСС RU.0001.516054). Область аккредитации: анализ почв, грунтов, торфов, воды и продукции переработки торфа, агроэкологический мониторинг торфяных месторождений и болотных экосистем.

Таким образом, огромная роль болот в биосфере требует пристального внимания ученых. Вопрос использования болот Сибири является проблемой не регионального, а мирового масштаба, с решением которой связаны будущее экологического состояния биосферы и развития в России торфяной промышленности.

Problems of rational use of peat resources (results of researches of Problem laboratory for 10 years of work)

L.I. Inisheva

The history of the organization of Problem laboratory TSPU and the received results for this period is described.

ОЦЕНКА СОВРЕМЕННОГО БИОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ТОРФОВ СИБИРИ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ЛЕЧЕБНЫХ ЦЕЛЯХ

О.А. Карелина, Т.М. Тронова

НИИ курортологии и физиотерапии, г. Томск, primacniikf@tomsk.ru

Дана оценка биологического состояния лечебных торфов регионов Сибири по ферментативной активности. Изучение активности ферментов и витаминного состава пелоидов, включающие различные биологически активные вещества (БАВ) позволяет рационально распределять торфяные ресурсы в практической курортологии.

Основной предпосылкой заболачивания и торфонакопления территории является определенное сочетание природных факторов – гумидного климата, плоского рельефа и, как их следствие, неудовлетворительная дренирующая способность речной сети. Средняя заболоченность Западной Сибири оценивается примерно в 50 % от общей площади, в других регионах – до 70-75 %, на некоторых междуречьях – более 90%. Торфяные болота Сибири занимают площади около 400 тыс. кв. км, что составляет 60 % СНГ и 30 % мировых торфяных ресурсов. Заболоченность 3-х почвенных географических подзон тайги нарастает к северу, но наиболее обширные по площади ареалы болотных почв (Васюганский – 53 тыс. км²) и наибольшая мощность торфяных залежей (до 10 м) характерны для южной половины таежной зоны, к которой приурочено распространение выпуклых олиготрофных болот.

В технических требованиях к торфу как к сырью для различных производств в качестве показателей, определяющих пригодность, принимаются его общетехнические свойства (степень разложения, зольность, ботанический состав), содержание отдельных компонентов химического состава (битумов, редуцирующих веществ, гуминовых кислот), химический состав золы (содержание окислов кальция, железа, алюминия, общей серы), емкость поглощения, водопоглощаемость.

Техническими условиями предельная зольность торфяного сырья принимается равной: 5-10 %- для химического использования и термической обработки, 15-20 %-для топливных брикетов, 23-35 % – для топлива, 30 % и более – для приготовления удобрений.

Лечебные торфа – разновидность полуколлоидных природных образований грязей со степенью разложения не менее 40 %, без посторонних

минеральных включений, способных травмировать, вызвать ожог кожи пациентов. При влажности менее 60 % торф приобретает свойства полутвердого тела, выше 91 % становится текучим. Торфяные грязи принято считать достаточно увлажненными для приготовления аппликаций в пределах 80-90 %, что позволяет сохранить высокую теплоудерживающую способность – 613-950 сек, оставаясь пластичными. Пластичность оценивается показателем сопротивления сдвигу: до процедур – 4000-27000 дин/см², после подготовки к процедурам – 1500-25000 дин/см².

Нормативными требованиями устанавливается соответствие месторождения нормам санитарного состояния и способности торфяной грязи к самоочищению от патогенной микрофлоры. Существующие нормы санитарной оценки предусматривают содержание: общее количество аэробов (бактерий в 1 г) – не более 500 тыс; титр -коли (г на 1 бактерию) – 10 и более; титр-перфрингенс (г на 1 бактерию) – 0.1 и более; патогенная кокковая микрофлора (бактерий в 1 г) – отсутствие; синегнойная палочка (бактерий в 1 г) – 10.

В случае пригодности месторождения торфа для использования в лечебных целях оно перестает входить в состав заповедников и заказников, устраняются причины его загрязнения в зоне водосбора и на самом месторождении.

Достаточно высокая теплоемкость, малая теплопроводность, наличие биологически активных веществ позволяют использовать торф для улучшения двигательной функции желчных ходов и пузыря, уменьшения воспаления, нормализации ферментативной, белковосинтетической функции печени. Перед употреблением торф перебирают, освобождают от крупных включений, просеивают через сито диаметром отверстий 0.5-0.8 см. После просеивания возможно использование торфа при посторонних включениях диаметром менее 0.5 мм, количеством не более 2 %, влажностью 50-85 %. Затем торфяную грязь нагревают в емкости, устроенной по типу «водяной бани» не выше 50⁰С. На одну аппликацию расходуется примерно 3 кг торфа. Больной располагается на кушетке, лежа на спине. Торф накладывают на область проекции печени, желчного пузыря и правую подлопаточную (сегментарные зоны Д₇-Д₉). Больного последовательно укутывают простыней, клеенкой, одеялом. Температура нагревания торфа – 38-40⁰С, продолжительность составляет в зависимости от возраста от 10 до 20 минут, через день, 10-12 сеансов. После процедуры больной принимает теплый душ и отдыхает не менее 30 минут. Хорошо разработана методика комбинированного применения торфолечения с электролечебными процедурами (торфоиндуктотермия, диатермо-торфолечение, торфоиндуктофорез) для больных с повреждениями опорно-двигательного аппарата, заболеваниями периферической нервной системы, гинекологическими воспалитель-

ными процессами, хроническими неспецифическими пневмониями. Тепловое воздействие вызывает глубокое прогревание тканей, что в сочетании с аппликациями торфа оказывает выраженное противовоспалительное и рассасывающее действие.

У больных остеохондрозом позвоночника под влиянием торфяных аппликаций существенно регрессировали мышечные и суставные боли, а также уменьшались скованность в суставах позвоночника и конечностей. Нормализация объема активных движений в суставах позвоночника и конечностей выявлена у 29 % пациентов. Торфяные аппликации вызывают выраженную реакцию центральных и периферических сосудов: отмечены тенденции к нормализации центральной гемодинамики и у 29 % выявлен переход на более экономный тип кровообращения. Еще большее влияние грязелечение оказывает на состояние региональной гемодинамики: увеличивается пульсовое кровенаполнение, снижается исходно повышенный тонус прекапилляров.

Аппликации кислого торфа вызывают пролиферацию эпидермиса, повышение митотической активности, увеличение числа фибробластов, гистиоцитов, лимфоцитов, эозинофилов, усиление проницаемости аргирофильных мембран, зернистый распад осевых цилиндров. Эти изменения в коже наступают быстрее и больше выражены при использовании аппликаций гуминовых кислот, выделенных из торфа. В современных исследованиях торфов особое внимание уделяется липидам [1], обладающим высокими бактерицидными свойствами, благодаря легкому проникновению в организм через кожу за счет хорошей растворимости в биомембранах.

На территории Сибири изучение торфов с направленным применением в торфолечебницах ведется с начала 20 века. Только в пределах Западной Сибири выявлено около 6000 торфяных месторождений с ресурсами торфа 117650 млн.т. Однако детальных разведочных работ на месторождениях не проводилось. На территории Томской области присутствуют пресноводные бессульфидные низко-, средне- и высокозольные лечебные торфа с ресурсами более 26 млн.т. по категории Р₁. Преимущественно это залежи низинного типа. Разведаны Карбышевское, Пчелиное, Стрежевское торфяное месторождения.

Степень разложения торфов верховых, переходных и низинных типов повышается от низковлажемких к более высоковлажемким видам, что определяет бальнеологически ценные качества торфа, связанные с активностью ферментов, содержанием витаминов, активностью микрофлоры и т.д. При гумусообразовании торфов большое значение имеют целлюлозные комплексы ферментов (например, сахарозы), обеспечивающие первые стадии разложения растительных остатков, а также полифенолоксидазы, участвующие в окислении поли- и монофенолов с образованием хинонов,

которые могут включаться в гумусовые вещества. Особое значение в образовании гумуса имеют протеаза, дегидрогеназа и др. ферменты. Торфа, образующие гуминовые и гиматомелановые кислоты, фульвокислоты, гумины, по нашим данным обеспечены набором разнообразных витаминов, которые являются коферментами многих ферментов.

Минеральные коллоиды в торфах разделены пленками полуторных окислов и гуматов. Органическое вещество представлено комплексом водо- и жирорастворимых витаминов, из которых наибольшее значение приобретают витамины группы В, гормоноподобными веществами и стеринами-предшественниками витаминов, полисахаридами и моносахарами, гуминовой и липидной частью, соотношение которых может определять скорость активности оксидоредуктаз. Исходя из опыта практических наработок по биохимическому статусу пелоидов, можно констатировать, что нередко скорость ферментативного разложения растительных остатков пелоидов определяет их вязко-пластичные свойства, адсорбционные, тепловые и др., дает толчок накоплению жизненно необходимых макро- и микроэлементов. Ферменты – катализаторы биологических и химических процессов торфа белковой природы обладают особой чувствительностью, большей, чем микроорганизмы, поскольку адсорбированы живыми организмами и неживым, давно сформировавшимся материалом. Окислительно-восстановительные процессы торфяников имеют поэтапное развитие, зависят во многом от термобарических условий. Характер современного процесса трансформации органического вещества во многом определяет минеральный состав торфов. Современные торфообразовательные процессы в Сибири имеют все предпосылки для формирования лечебных свойств торфов. Изучение опада хвои в торфах показало разнообразие аминокислотного состава (не менее 13 аминокислот); наличие витаминов С, Р (рутина); высокие концентрации витаминов группы В; протогумины; в неорганической части – окислы магния, кальция; выявлены антимикробные свойства в отношении золотистого стафилококка. Верховые торфа Сибири обладают большей антимикробной активностью в сравнении с травяными низинными. Белковые высокоорганизованные соединения в составе минерального коллоидного вещества во всех разновидностях изученных торфов трудно поддаются разложению, поэтому прирост органического вещества торфа (его гумусообразование) происходит, в основном, за счет предшествующего ферментативного окисления полифенолов до стадии активных фенолов и хинонов и полисахаридов до более простых сахаров.

Процесс гумификации и количественное накопление гуминовых кислот определяется также наличием оксидов железа, кальция и др., что может быть связано с образованием прочных органо-минеральных комплексов. По глубине залегания торфа может происходить накопление более

устойчивых (ароматических) структур гуминовых кислот. В строении устойчивой структуры ГК торфа принимают участие высокомолекулярные соединения – углеводороды, O- N-содержащие алифатические и алициклические фрагменты, бензол и его гомологи. В меньшем количестве присутствуют фенолы, пирролы, фураны, полициклические ароматические соединения гомологических рядов нафтен- и динафтенбензолов, бензо- и дибензофуранов, нафталина, фенантрена, флуорена и др. При разложении ГК образуются кислородсодержащие гетероциклические соединения.

Оценка биологического состояния лечебных торфов ряда регионов Сибири проведена нами по ферментативной активности ряда ферментов класса оксидоредуктаз и гидролаз, витаминному водорастворимому комплексу, играющих ведущую роль в их лечебном действии и имеющих фармакологическое значение для переработки торфа с целью получения фармакологически активных веществ. Изучалась роль микрофлоры в формировании биологической активности. В оценке биологической зрелости торфов, степени преобразования органических веществ учитывалась их окраска, с переходами из черной в оттенки бурой, означающей степень уплотнения гумусовых молекул. Желательно исследование активности ферментов и содержания витаминов зрелых торфяников по слоям, учитывая их различный ботанический состав и неоднородность накопления концентраций классов БАВ направленного воздействия на организм.

Методы исследований

Для определения витаминов группы В пробы торфа подвергали длительной горячей экстракции, отстаивали, фильтровали до полной прозрачности. Содержание тиамин (витамина В₁) определяли флуориметрическим тиохромным (с образованием тиолов в щелочной среде) методом; рибофлавина (витамина В₂) – флуориметрически; пиридоксина (В₆) – на ФЭК-20. Измерение уровня рутина (витамина Р) в вытяжках торфа, полученных центрифугированием, проводилось титриметрическим методом, аскорбиновой кислоты – титриметрически с реактивом Тилльмансса согласно [2]. Активность ферментов класса оксидоредуктаз (каталаз, полифенолосидаз, пероксидаз, дегидрогеназ) и гидролаз (протеаз) выявлена в свежих образцах торфа, при использовании современных модификаций методик Хазиева Ф.Х., Щербаковой Т.А. [3, 2]. Санитарно-микробиологические показатели определялись согласно МУ МЗ РФ 2000/34 [4], микрофлора – по общепринятым методам предельных разведений и элективных сред.

Объектами исследования явились торфа Томской, Кемеровской, Иркутской областей, а также Алтайского и Хабаровского краев, вовлеченные в систему современного здравоохранения Томским НИИ курортологии и

физиотерапии, рядом местных санаториев-профилакториев. Все торфа, за исключением торфа месторождений Стрежевское, Тимирязевское, Калачевский лог и Гурское, прошли первостадийную подготовку промышленного освоения (просеивание). Стрежевские месторождения обследованы в летний период; Иркутской области, Алтайского края, Тимирязевское Томской области – весной; остальные – в осенне-зимний период.

Результаты исследований

Торф Хабаровского края Амурской области (месторождение Гурское) черно-маслянистый, отличается вязко-устойчивой зернистой структурой, содержит агрегированные частицы, комковатый, жирный, с повсеместными легкими белыми нитевидными травянистыми включениями. Торф пос. Курлек Томской области черно-бурой окраски, плохо оформлен, сыпуч, без растительных остатков, степень разложения выше, активность пероксидазы почти в 2 раза выше торфа, отобранного из торфяника Гурское. Оба торфа, судя по развитию активности полифенолоксидаз, имеют устойчивые процессы биогенеза гуминовых соединений. Органическое вещество устойчиво и труднодоступно для деятельности дегидрогеназ (табл.). Отмечено, что общие липиды не составляют 2 % в составе ОВ изученных месторождений.

Деятельность олиготрофной микрофлоры в торфе пос. Курлек обогащает его органическими кислотами, липидами и другими БАВ противовоспалительного спектра действия. Торфа Хабаровского края и пос. Курлек Томской области вследствие очевидного накопления веществ гумусного характера рекомендованы к их выделению.

Торфяное месторождение «Тимирязевское» расположено в 8 км к юго-западу от г. Томска. Торф серо-коричневый, осоково-древесный пресноводный высокочольный бессульфидный низинного типа. Влажность торфяной пробы весеннего опробования не превышает 40 %; степень разложения до 35 %; высока засоренность растительными остатками. Доминирующей микрофлорой в данном торфе являются группы бактерий, разлагающие сложные азотистые соединения до более простых, обогащающие торф биологически активным азотом и углекислотой, повышающие содержание ОВ. Представляет интерес деятельность групп бактерий, участвующих в круговороте углерода. Благодаря ферментативным процессам гумификации, в торфах идет накопление гуминовых, фульвокислот, битумов. Среди гетеротрофов присутствуют бактерии *p. Bacillus*, *Bac. mycoides*, *Bac. mesentericus* и др.; плесневые грибки. Ферментативная активность торфа весеннего обследования незначительна. Выявлена активность торфа в отношении стафилококка золотистого и отсутствие угнетения роста кишечной палочки.

Санаторно-курортная база Кемеровской области представлена санаторием «Прокопьевский». Это равнинный бальнеогрязевый санаторий лесной зоны, расположенный в сосновом бору на окраине г. Прокопьевска в 30 км от Новокузнецка. Деятельность санатория «Прокопьевский» направлена на лечение и профилактику заболеваний нервной системы, органов дыхания, опорно-двигательного аппарата при использовании торфяной грязи месторождения «Калачевский лог». Оно располагается в 1 км от д. Лучшево Прокопьевского района, занимает площадь в 10 га, запасы торфа составляют 236 тыс.м³.

Торфяник приурочен к вершине неглубокого лога, питается грунтовыми водами, выходящими на поверхность в виде родников. Торфяная залежь представлена осоковым, древесно-осоковым, древесно-тростниковым и вахтовым видами торфа. Мощность торфяной залежи колеблется от 2.4 до 4.4 м. Поверхность болота сухая, моховой ярус устилают гипновые мхи. Травостой состоит из тростника, осоки, лабазника. Торф низкоминерализованный, высокозольный, бессульфидный, со степенью разложения более 40 %. Физико-химические свойства торфа соответствуют нормативам для лечебных торфов: влажность – 54.0 %; объемный вес – 0.57 г/см³; зольность – 60.0 %, реакция среды слабощелочная. На момент отбора проб торфа из месторождения (осень, 2004 г.) содержание органических веществ в них не превышало 18-20 %. Торф имеет черную окраску. Количество плесневых грибков в 2 раза ниже в кемеровских торфах в сравнении с торфоместорождениями Гурское и Курлекское, что намного снижает проявление в них фенолоксидазных свойств. В торфе в незначительной степени присутствовали процессы преобразования ароматических соединений за счет кислорода воздуха, перекиси водорода и др. органических перекисей. Каталитическая активность соответствовала среднему уровню и составляла 11.07 ± 0.65 мл O₂ в минуту на 10 г торфяной грязи, а зарегистрированная скорость разложения специфических органических кислот, углеводов, аминокислот – 34.38 ± 3.19 мг трифенилформазана за 24 ч на 10 г торфяной грязи.

В торфе месторождения «Калачевский лог» обнаружены в значительном количестве фармакологически активные вещества антимикробного (витамин С) и антигрибкового (витамин Р) спектра действия (табл.). На основании исследований биохимических свойств торфа делается предположение об его эффективном применении при дерматологических заболеваниях и антивирусных свойствах. Применяемый в лечебной практике торф изучаемого месторождения отличается высокодисперсной однородной структурой, хорошей влагоемкостью, отсутствием частиц крупнее 0.25 мм.

Для расширения лечебной базы оздоровительного комплекса нефтяников Александровского района был обследован ряд участков торфяных

Характеристика биологического состояния торфов Сибири

Область, край	Томская		Хабаровский
Район	Томский		Амурский
Месторождение	Курлекское	Тимирязевское	Гурское
Пользователь	Томский НИИ-КиФ	Санаторий «Строитель»	Санаторий «Родник»
Вид торфа	Низинный травяной Высокозольный	Низинный осокково-древесный высокозольный	Низинный травяной высокозольный
Активность ферментов*:			
Полифенолоксидазы	27.3±2.63	0.00	24.19±1.10
Пероксидазы	494.18±17.88	9.81±0.82	229.02±34.95
Дегидрогеназы	33.04±1.68	7.70±0.31	2.67
Протеазы	3.99	Не опр.	38.33
Область, край	Томская		Алтайский
Город, район	Александровский р-н		г. Барнаул
Месторождение	Стрежевское	Пасол	Сорочий лог
Пользователь	Санаторий «Нефтяник»		Санаторий «Со-сновый Бор»
Вид торфа	Верховые сосново-пушициевые и сфагновые, переходные, низинные травяные	Верховые сосново-пушициевые и сфагновые, переходные, низинные травяные	Низинный травяной высокозольный
Содержание витаминов*:			
Аскорбиновая кислота	0.0024-0.246	0.0009-0.234	2.87±0.15
Рутин	0.0009-0.008	0.001-0.032	0.58±0.074
Тиамин	11.40-63.00	6.36-66.00	16.83±0.88
Рибофлавин	8.16-38.93	0.00-35.36	0.00
Пиридоксин	110.00-270.00	142.5-950.00	820.00±34.64
Область	Кемеровская	Иркутская	
Город, район	Прокопьевский	Анжерский	Иркутск
Месторождение	Калачевский лог	Кайла	Зимнинское

Пользователь	Санаторий Прокопьевский	Санаторий «Жемчужина Кузбасса»	Санаторий «Кедр»
Вид торфа	Низинный травяной высокозольный	Низинный травяной высокозольный	Низинный травяной высокозольный
Содержание витаминов			
Аскорбиновая кислота	23.10±1.32	4.68±0.30	14.52±2.31
Рутин	0.99±0.0002	0.20±0.08	0.56±0.08
Пиридоксин	242.00±11.0	60.71±3.57	177.20±4.60
Активность ферментов			
Каталаза	11.07±0.65	10.40±0.12	3.07±0.17
Полифенолоксидазы	1.99±0.17	Не опр.	Не опр.
Пероксидаза	3.01±0.11	Не опр.	Не опр.
Дегидрогеназа	34.38±3.19	55.10±7.80	Не опр.
Протеаза	Не опр.	4.83±0.79	Не опр.

Примечание. * Единицы активности ферментов выражены: каталазы мл O₂ /10г грязи/1 мин, полифенол-и пероксидазы мг 1,4п-бензохинона/10 г грязи/30 мин; дегидрогеназы мг 2, 3, 5 трифенилформазана /10 г грязи/24 ч; протеазы мг аминокислотного азота/100 г грязи/20 ч; содержание витаминов мкг/г грязи

месторождений – «Пасол» и в 12 км от г. Стрежевого по дороге в пос. Вах. Исследованный радионуклидный состав проб выявил отсутствие радионуклидов искусственного происхождения. На всех участках торфа, преимущественно верховые, характеризуются высокой степенью разложения (50-70 %), хорошей увлажненностью и пастообразной консистенцией. Торфа низкокислотные (3-8 %), кислые (рН 4.8-5.7), с высоким содержанием органических веществ и минерализацией грязевого раствора –1.5-1.9 г/дм, высокими значениями теплоемкости. Ботанический состав представлен, в основном, верховым сосново-пушицевым и сфагновыми видами с отдельными признаками переходного в вертикальном профиле.

Формирование бальнеологических свойств исследованных торфяных грязей тесно связано с процессами трансформации азотсодержащих веществ, разложением растительных остатков, клетчатки, углеводов, углеводородов и их витаминной активностью. Результаты биохимического тестирования торфяных грязей показали присутствие витаминов группы В в пределах от 0.006 до 0.9 мг/г торфяной массы, что указывает на био-

логическую активность торфов обследованных месторождений. Установлено, что присутствие витаминов в торфах связано со спецификой состава растений торфообразователей. По глубине отбора проб торфа (0.75-2.5 м) происходит накопление аскорбиновой кислоты. Среди массы растительных остатков возрастает процентная доля пушицы, хвоща, осоки. Наиболее высокое содержание аскорбиновой кислоты обнаружено в пушицевом верховом (1.5 м) и травяном низинном типах торфа (2.5 м). Условия pH среды в пробах торфа, отобранных на глубине более 1 м, сдвигаются в кислую сторону. Рост содержания рибофлавина в торфах по глубине залегания сопровождается снижением концентрации органических веществ. По содержанию аскорбиновой кислоты верховых торфов можно предположить низкое содержание гуминовых соединений, накопление битумов и углеводов в поверхностных слоях торфяника и их снижение в зависимости от концентрации ОБ (по глубине залежи). По результатам исследований суммарное содержание водорастворимых витаминов – рутина (витамина Р), тиамина, особенно пиридоксина, было выше в торфяных пробах, отобранных по площади распространения и глубине на месторождении «Пасол».

Накопление витамина В₆ микробного происхождения было выявлено в слое сильно разложившегося и увлажненного торфа пастообразного состояния (степень разложения 60-65 %) на глубине 1.2 м, близкого по составу к сосново-пушицевому, но имеющего признаки торфа переходного типа. Мощность слоя достигала 0.8 м. По ботаническому составу среди растений торфообразователей в этом слое доминировала береза (кора) (45 %), затем пушица, осока и сосна (кора).

Накопление витамина С и рибофлавина более интенсивно происходило на торфянике «Стрежевское» и было связано с преобладанием обнаруженных остатков пушицы, хвоща и осоки среди прочих растений-торфообразователей- папоротника, вахты, сабельника, сфагнового и гипнового мха, коры кустарников, березы и сосны. Здесь же был обнаружен большой антимицробный эффект в отношении бактерий группы кишечной палочки. Содержание витаминов группы В варьировало в изучаемых месторождениях юга Сибири от 0.00 – до 0.82 мг/г сырого торфа. При этом уровень витамина В₆ торфяников Алтайского края примерно в 4-10 раз превышает его концентрацию в торфяной толще месторождений Иркутской и Кемеровской областей. Торф месторождения «Сорочий лог» в сочетании с минеральной водой «Омега» рекомендован для приготовления лечебной торфяной пасты.

При подготовке торфов для апплицирования (подогрев до 38-40⁰С) проявляется ферментативная активность полифенолоксидаз и теряется активность пероксидаз почти в 2 раза. При воздействии на торфа температурой до 55⁰С потери пероксидазной активности в сравнении с исходными данными составляют более 70 %. При этом показатели интенсивности

разложения ОВ способом дегидрирования остаются стабильными в двух вариантах обработки торфа.

Торфа верхового типа рекомендуется хранить до 12 месяцев, низинного – до 10-ти в закрытом помещении. Время регенерации торфа 4-6 месяцев. Изменение влажности торфа при хранении в герметично закрытых пакетах способствует целому ряду преобразований в его биохимической структуре. Количество бактериальных клеток торфа изменяется незначительно, имеет место спорообразование. По видовому составу микрофлоры проба торфа остается обогащенной целым рядом физиологических групп микроорганизмов. Отмечается активизация ферментов, образующих фенольные соединения и угнетение активности микроорганизмов за счет их подавления (снижение общего микробного числа).

В хранении высокозольных низинных травянистых торфов отмечены 2-3 кратный распад их липидной части, увеличение активности полифенолоксидаз и пероксидаз (соответственно в 3 и 50 раз), прирост углерода органического на 100 % и снижение влагоемких свойств торфа уже в первые контрольные сроки хранения.

Микрофлора лечебных торфов изучалась на уровне физиологических групп микроорганизмов, перерабатывающих вещества круговорота азота, углерода, серы, железа.

Во всех торфах доминирующей микрофлорой являются группы бактерий (аммонифицирующие, азотразлагающие, денитрифицирующие), которые разлагают сложные азотистые соединения до более простых, обогащая торфа биологически активным азотом и углекислотой, повышая содержание органических веществ.

Представляют интерес клетчаткоразрушающие аэробы и анаэробы, способствующие разложению растительных остатков, превращая сложные органические соединения в легкоминерализуемые вещества. Тем самым они повышают степень разложения торфов, обогащают метаном и улучшают их биологические свойства.

Присутствие в торфах плесневых грибов, актиномицетов и бактерий родов *Bacillus*, *Bac.mycoides*, *Bac.mesentericus* может оказывать положительную роль в проявлении антимикробных свойств в отношении условно-патогенной микрофлоры и повышать лечебную значимость торфов. Санитарно-микробиологическое состояние торфов «Гурское» Хабаровского края, «Пасол» и «Стрежевское» Томской области соответствует нормативам лечебных грязей. В торфах пос. Курлек Томского района, «Калачевский лог» и «Кайла» Кемеровской области, санатория «Кедр» Иркутской области, санатория «Сосновый бор» г. Барнаул отмечено занижение титра бактерий группы кишечной палочки (1.0 при норме 10). Необходим постоянный контроль за экологическим состоянием участков торфоместо-

рождений для лечебных целей. В настоящее время остро стоит вопрос о выделении и закреплении участков с кондиционными параметрами для медицинского применения.

Заключение

Содержание изученных БАВ в торфах, используемых здравоохранительными учреждениями Сибири, уровень которых во многом определяет их биологическую активность, имеет значительную вариацию. Наибольшее их содержание приходится на влагоемкие слои верхового либо переходного типа торфов торфяников Сибири, где зафиксированы благоприятные условия сохранения значительных концентраций витаминов группы В. В целом, эти торфа характеризуются незначительной активностью азот-разлагающих бактерий и развитием процессов аммонификации. Из числа обследованных лечебных пелоидов наибольшей ферментативной активностью обладают зрелые торфа Курлекского месторождений Томской области и Гурское Хабаровского края высокой степени разложения и устойчивой гумификации. Данные торфа обладают высокой численностью денитрификаторов, деятельность которых связана с восстановлением нитритов и нитратов от свободного азота и аммиака, аммонификаторов, развитием клетчаткоразрушающих аэробов и плесневых грибов и могут быть предназначены для выделения ценных в бальнеологическом отношении гуминовых соединений. Верховые и переходные – для битумных и витаминных фракций, реализации сорбционного эффекта.

Литература

1. Исаев М.А., Назаров П.В., Коровяков А.П. и др. Некоторые показатели биологической активности торфяной грязи санатория «Варзи-Ятчи» // Вопросы и курортологии, физиотерапии и ЛФК, N 6, 2001. С.44-45.
2. Оценка качества пелоидов по биохимическим показателям и антимикробной активности: Пособие для врачей. Утв. МЗ РФ 2002 г., ТНИИКиФ / Джабарова Н.К., Килина Е.С., Карелина О.А. Томск, 2002, 21 с.
3. Инишева Л.И., Ивлева С.И., Щербакова Т.А. Руководство по определению ферментативной активности торфяных почв и торфов. Томск: Изд-во Том.ун-та, 2003. 122 с.
4. Классификация минеральных вод и лечебных грязей для целей их сертификации. МУ МЗ РФ/2000-34 / Адилев В.Б., Зотова В.И. и др. М., 2000. 75 с.

Estimation of modern biological state of peats from Siberia of therapeutic aims

O.A. Karelina, T.M. Tronova

The areas of Siberian region are covered top, cross and low determination of peats with direct therapeutic action. The are reserged ensymsimatic activities and vitamins units of compaundes muds to consolited from different integral classes of biological active substenses as components in organic substenses fore the rational distribution of peat resourses of health resorts therapy, fore object creation farmocological preparats.

ПРИМЕНЕНИЕ ТОРФА В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Н.О. Копаница

Томский государственный архитектурно-строительный университет,
г. Томск, kopanitsa@mail.ru

В статье приводятся сведения об особенностях использования торфа для получения теплоизоляционных и конструкционно-теплоизоляционных строительных материалов. С этой целью исследовались способы регулирования процессов структурообразования торфоважущего вещества в композиционных материалах и влияние различных модифицирующих добавок на обеспечение требуемых физико-технических свойств строительных материалов.

Современные тенденции в развитии градостроительной и жилищной политики, прежде всего по доступности жилья, настроенность на создание экологически чистой среды и благоприятных условий для проживания человека, а также необходимость производства строительной продукции, обладающей высокой конкурентной способностью на Российском рынке, вызывают существенные изменения в методологии формирования научных и технологических принципов управления качеством строительных композитов на минеральной и органической основе, используемых для устройства ограждающих систем зданий [1]. Основными критериями качества стеновых материалов могут являться их совместимость в многослойной стеновой системе, обеспечение заданной теплозащиты, прочности при незначительной стоимости [2]. При проектировании современных зданий для строительства в различ-

ных климатических условиях проектировщики неизбежно сталкиваются с проблемами обеспечения данных характеристик.

При избрании системы наружного утепления стен зданий проектировщикам приходится исходить, прежде всего, из выбора утеплителя. К сожалению, рынок теплоизоляционных материалов не отличается разнообразием. Поэтому не случайно одним из важных направлений, способствующим подъему строительного комплекса в Сибири, является разработка эффективных стеновых материалов с максимальным использованием местного сырья.

Особенностью сырьевой базы Сибири является наличие значительного количества природного сырья и отходов производства, пригодных для изготовления из них эффективных материалов ограждающих конструкций в малоэтажном и сельскохозяйственном строительстве. Таким сырьем, в частности, может быть торф и отходы деревообработки. Широкие потенциальные возможности торфа для использования в различных областях обусловлены особенностями его состава и строения. Торф является уникальным природным образованием, состоящим из отложений органического происхождения и неорганических соединений.

Томская область имеет самую высокую в России степень заторфованности (35.5 %). На ее территории выявлено и учтено более 1400 торфяных месторождений. Детально исследовано 74 месторождения и общее количество запасов составляет 871294 тыс. т. Торфяные ресурсы позволяют добывать торф в количестве 50 млн. т. ежегодно. Ресурсы Томской области позволяют обеспечить сырьем любое из существующих направлений торфяного производства. Наиболее массовой продукцией из торфа являются органические удобрения, энергетическое и коммунально-бытовое топливо. В значительно меньшей степени изучены возможности использования торфа в строительном комплексе. Значительные торфяные ресурсы Томской области определяют необходимость создания в области крупных торфопредприятий и различных торфоперерабатывающих производств.

Опыт применения этого материала в строительстве в основном связан с использованием верхового торфа, обладающего вяжущими свойствами в естественном состоянии [3]. Низкая степень разложения верхового торфа предполагает его высокую биологическую активность, что приводит к снижению долговечности строительных материалов на его основе. Верховые торфа востребованы в других отраслях народного хозяйства, поэтому запасы его со временем уменьшаются. Малоизученным является направление по использованию в строительстве низинных торфов, имеющих значительное содержание минеральной части и высокую степень разложения. Низинные высокозольные торфа, по сравнению с верховыми, характеризуются меньшей влажностью, большей однородностью гранулометрического состава, значительно меньшей кислотностью ($pH=6-8$), но

уступают по вяжущим свойствам. Ранее в производстве строительных материалов низинные торфа использовались в основном как наполнитель в композициях с минеральными или органическими вяжущими веществами (цемент, гипс, известь, битум, полимеры) [4, 5]. Значительные запасы низинных торфов, а также наличие в их составе активных функциональных групп, обеспечивающих потенциальные возможности физико-химического модифицирования, позволяют отнести низинный торф к перспективным местным природным сырьевым материалам, пригодным для изготовления строительных материалов.

Широкая номенклатура строительных материалов и изделий из торфа предполагает необходимость системной классификации по определенным показателям. В качестве классификационных признаков выбраны назначение в строительстве, технологические процессы изготовления, вид применяемого сырья. Предлагаемая нами классификация приведена на рис 1.

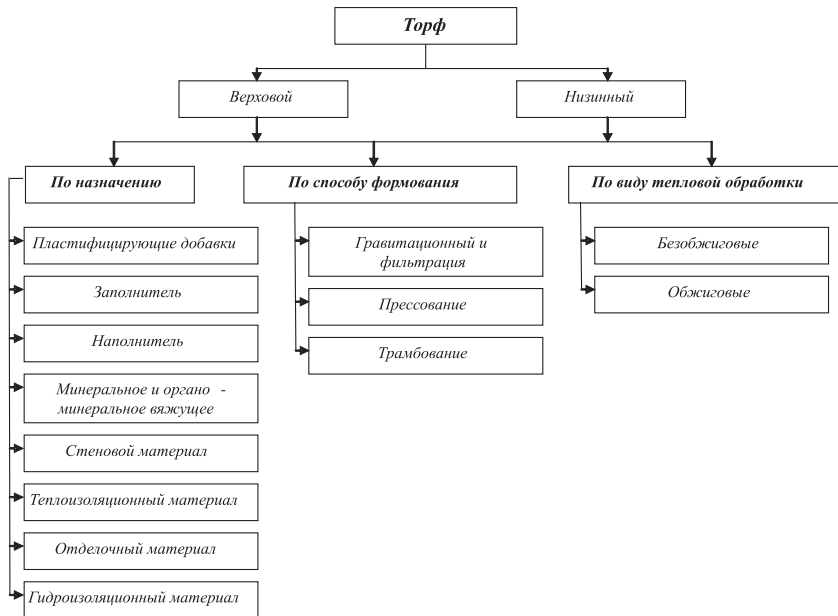


Рис. 1. Классификация материалов и изделий из торфа

Использование торфа в строительстве известно с середины прошлого века. В производстве бетонных и растворяемых смесей в качестве пластифицирующей добавки, повышающей их подвижность, используются соли

гуминовой кислоты (в основном натриевые) – гуматы. Промышленными испытаниями было установлено, что применение пластификаторов на основе гуматов увеличивает подвижность бетонных смесей в 3-7 раз, снижает расход цемента на 10-20 %, обеспечивая при этом высокую морозо- и коррозионную стойкость бетона [6, 7]. За рубежом для улучшения свойств бетонных смесей также используются реагенты на основе комплексной переработки торфа, характер действия которых аналогичен действию ПАВ.

Для получения легких бетонов рекомендовалось использовать в качестве заполнителя непереработанный торф, сапропель, торфяную крошку и торфяные гранулы. Известно использование верхового малоразложившегося торфа в производстве стеновых материалов на основе гипса и извести [8] и для изготовления сухой штукатурки. Верховой торф добавляется в смесь как заполнитель и заменяет часть (50-75 %) древесноволокнистой массы.

Наибольшее распространение в строительстве получили торфяные гранулы в качестве заполнителей легких бетонов [9, 10]. С целью улучшения качества гранул их обрабатывают минерализующими составами. Обработку торфяных гранул можно проводить путем их физико-химического модифицирования в атмосфере, насыщенной углекислотой [11]. При использовании в качестве заполнителя торфяной крошки в цементные композиции вводят добавки (гидроксид кальция, хлорид кальция, сульфат натрия, гидроксид натрия и пр.), изменяющие коллоидно-химическую природу тонкодисперсной части и ускоряющие процессы структурообразования.

Еще в 30 – 40-х годах в нашей стране были проведены экспериментальные исследования [12] по получению из продуктов сжигания торфа зольного цемента. В этом качестве исследовалась зола, образующаяся от сгорания торфа в котельных и промышленных печах. Торфозольный цемент является гидравлическим вяжущим веществом, близким по свойствам к низкомарочному пуццолановому портландцементу. Его можно использовать для получения кладочных и штукатурных растворов М 10-25, бетонов М 50-150 и достаточной морозостойкости. В зависимости от состава торфяной золы в состав торфозольного цемента могут добавляться тонкомолотые добавки гипса, кварцевого песка, извести.

Достаточно много примеров получения теплоизоляционных материалов на основе торфа с использованием органических связующих. Из синтетических вяжущих в торфокомпозициях чаще применяются смолы хлородного отверждения (карбамидная, фенолформальдегидная и резорциноформальдегидная), твердеющие в массе торфа поликонденсацией из мономеров в присутствии катализаторов-отвердителей [14].

В большинстве случаев торф рассматривается как инертный заполнитель в производстве композиционных материалов на основе органических вяжущих для получения теплоизоляционных материалов. Пригодны для

этого верховые, слабо разложившиеся торфа, фрезерной технологии заготовки. Однако в настоящее время такие торфа практически не добываются.

В связи с повышенной кислотностью торфа использование минеральных вяжущих (цемента), как правило, возможно, в сочетании с различными добавками, нейтрализующими действие гуминовых кислот. Верховой слаборазложившийся торф со степенью разложения до 10 – 12 % и с большим содержанием сфагновых мхов (85-90 %) является хорошим сырьем, пригоден для производства теплоизоляционных материалов с очень малой звуко- и теплопроводностью. Согласно исследованиям института “Гипроторфразведка” [13] в качестве сырья рекомендуется верховой слаборазложившийся сфагновый торф со степенью разложения 5 – 12 %.

Теплоизоляционные материалы на основе торфа выпускается в виде плит, сегментов и скорлупы для утепления трубопроводов. Наибольшее распространение такие материалы получили в строительных конструкциях зданий холодильников, а также при строительстве жилых, общественных и промышленных зданий в городской и сельской местности. В таблице приведены сравнительные данные характеристик.

При применении торфоплит в строительстве зданий уменьшается масса стен. Так, по данным [15] слой торфяной изоляции толщиной 6 см по своим теплоизоляционным свойствам эквивалентен кирпичной кладке 25 см.

Качественные показатели верхового торфа, наиболее пригодного для получения теплоизоляционных материалов, достаточно высоки, однако запасы его ограничены. Имеющиеся в Томской области залежи верхового, слаборазложившегося торфа излишне обводнены и залесены и в ближайшее время разработке не подлежат. Аналогичная ситуация наблюдается и в других регионах. Поэтому в последнее время внимание исследователей привлечено к низинным торфам, богатым гуминовыми веществами.

В работах [3, 15] было установлено, что вяжущие свойства может проявлять и активированный механическим способом торф (тонкий помол). Были получены в г. Бежецке Тверской области блоки-утеплители на торфяном вяжущем с древесным наполнителем, плотностью 300-500 кг/м³, прочностью на сжатие 1.7 МПа.

Это направление представляется на сегодняшний день наиболее перспективным в плане доступности сырья, эффективности технологии и потенциальным возможностям активирования гуминового вяжущего.

Анализ вышеприведенных материалов позволяет сделать следующие выводы:

1. Для производства теплоизоляционных материалов по традиционным технологиям широко использовался верховой малоразложившийся низкозольный торф. Ресурсы такого торфа составляют в области около

*Сравнительные технико-экономические показатели
теплоизоляционных материалов*

Основные потребительские свойства	Наименование материала			
	Стекловолоконистые плиты «URSA»	Безпрессовый пенополистирол	Теплоизоляционный пенобетон	Торфодревесный теплоизоляционный материал
Средняя плотность, кг/м ³	30 –60	15.0 – 40.0	400–500	150 – 400
Теплопроводность Вт/м*К	0.046 –0.047	0.03 – 0.04	0.06–0.08	0.04 – 0.09
Прочность при сжатии, МПа		Не более 0.42	0.70–0.75	1.55 – 5.8
Прочность при изгибе, МПа		Не менее 0.16	0.30–0.35	0.8 – 4.2
Стоимость, руб/м ³ *	1000–1500	890 –1200	1650–2000	300-500
Вид сырья	бой стекла	бисерный пенополистирол	песок, цемент, известь	торф, отходы переработки древесины
Горючесть	НГ, Г1	Г2, Г3	НГ	Г2, Г3
Паропроницаемость	не менее 0.5 мг/м*ч*Па	0.014 мг/м*ч*Па	0.3 -0.2 мг/м*ч*Па	0.5 мг/м*ч*Па
Водостойкость	при увлажнении деформируется	водостойкий	водостойкий	водостойкий
Гидрофобность	при соответствующей обработке	гидрофобен	при соответствующей обработке	при соответствующей обработке
Экологичность	используются синтетические смолы	при нагревании и горении выделяет вредные вещества	экологичен	экологичен, обладает бактерицидными свойствами

30 % общих запасов. Однако в настоящее время практически все месторождения верхового торфа не пригодны для разработки.

2. Малоизученным является направление по использованию в строительстве низинных торфов, имеющих значительное содержание минеральной части и высокую степень разложения. Низинные высокозольные торфа, по сравнению с верховыми, характеризуются меньшей влажностью, большей однородностью гранулометрического состава, значительно меньшей кислотностью ($\text{pH}=6-8$), но уступают по параметрам структурообразования, т.е. вяжущим свойствам. Низинные торфа использовались в основном как наполнитель в композициях с минеральными или органическими вяжущими веществами (цемент, гипс, известь, битум, полимеры). Значительные запасы низинных торфов, наличие в их составе активных функциональных групп, обеспечивающих потенциальные возможности физико-химического модифицирования, позволяют отнести низинный торф к перспективным местным природным сырьевым материалам, пригодным, например, для изготовления теплоизоляционных материалов.

Месторождения низинных торфов умеренной и высокой степени разложения, умеренной зольности занимают первую торфяно-болотную зону, то есть южные районы Томской области. Анализ торфяных месторождений Томской области показал, что с учетом состояния месторождений и наличия определенной производственной базы наиболее перспективными районами для производства эффективных материалов на основе торфа являются Асиновский (Челбак), Бакчарский (Суховавилковский), Томский (Пивоваровское, Орловское), Шегарский (Гусевское), а также Колпашевский районы.

В Томском ГАСУ и НИИ строительных материалов на протяжении ряда лет проводятся исследования по разработке эффективных строительных материалов с использованием торфодревесных композиций. При проведении исследований решались следующие задачи:

1) изучение закономерностей формирования структуры и свойств торфоваляющего вещества [5];

2) изучение процессов формирования макроструктуры торфодревесного композита [3];

3) исследование влияния модифицирующих добавок различного действия на эксплуатационные параметры торфодревесного материала [16, 17];

4) исследование технологических параметров производства торфодревесных композитов;

5) оценка экономической эффективности применения изделий на основе торфодревесной композиции;

б) обоснование эффективности применения низинных торфов и отходов лесопереработки в качестве исходного сырья для получения современных теплоизоляционных материалов.

Проведенные нами исследования показали, что рациональными для производства теплоизоляционных изделий являются композиционные материалы, в которых низинный и переходный торф применяется в качестве связующего, а отходы обработки и переработки древесины, как материала имеющего сродство с торфом по составу, структуре и ряду физико-механических свойств (плотность, теплопроводность), в качестве заполнителя. Регулирование физико-механических свойств материалов достигается путем направленной модификации смеси добавками различного действия. Для улучшения эксплуатационных свойств торфодревесных строительных материалов было изучено влияние модифицирующих добавок (пенообразующих, воздухововлекающих, гидрофобизирующих, армирующих) на характеристики теплопроводности, водостойкости, прочности и др. Полученные результаты позволяют прогнозировать достаточно высокую долговечность торфодревесных композитов в процессе их эксплуатации в многослойных стеновых изделиях.

Литература

1. Кудяков А.И., Копаница Н.О. Качество строительства в Сибири. Проблемы и возможные пути их решения // Репутация. 2003. № 2. С. 20-21.
2. Kudykow A., Kopanitz N. Das Systemherangehen zur Ausarbeitung der Materialien für Wandkonstruktion. 15. Internationale Baustofftagung (Ibausil). Tagungsbericht – Band 1. – Weimar, 2003.- S. 1-1255-1-1261.
3. Кудяков А.И., Копаница Н.О., Романюк Т.Ф., Завьялов И.И. Торфяные модифицированные композиты для эффективных стеновых конструкций // Вестник ТГАСУ. 2000. № 1. С. 178-185.
4. Тарновский А.И. и др. Производство термоизоляционных изделий из торфа в Белорусской ССР // Торфяная промышленность. 1964. № 8. С. 1-5.
5. Кудяков А.И., Копаница Н.О., Завьялов И.И. Формирование прочности активированного торфяного вяжущего в торфодревесных композитах // Известия ВУЗов. 2001. № 7. С. 42-46.
6. Гильденберг З.Г., Виноградов Б.Н. Физико-химические основы технологии торфозольного цемента // Вяжущие материалы Сибири и Дальнего Востока. Новосибирск: Наука, 1970. С. 209-217.
7. Лиштван И.И. и др. Физические свойства торфа и торфяных залежей. Минск: Наука и техника. 1985. 239 с.
8. Торф как сырье для изготовления штукатурки и изоляционных плит // За торфяную индустрию. 1939. № 10-11. С.41.

9. Суханов М.А. Торф как заполнитель бетона // Торфяная промышленность. 1973. №5. С. 23-24.
10. Суворов В.И., Соловьев М.И., Гаджиев О.Х. Изучение технологических основ получения легких заполнителей бетонов на основе торфа // Физические основы торфяного производства. Тверь: ТвеПИ. 1991. С. 38-42.
11. Фещенко Ю.В., Кузнецов Н.А., Алферова Л.К., Кудяков А.И. Технология получения торфяных топливных гранул // Информационный листок. № 2-97. Томск: ЦНТИ, 1996. 2 с.
12. Волженский А.В., Гайгалас К.П. Вяжущие материалы на основе торфяных зол // Строительные материалы. 1961. №1. С. 22-25.
13. Касицкая Л.В., Горленко Н.П., Саркисов Ю.С. Новые теплоизоляционные материалы на основе торфа // Современные проблемы строительного материаловедения. Самара: СамГАСА, 1995. С. 60.
14. Торфяной фонд РСФСР. Торфоподстилочные и торфоизоляционные сырьевые ресурсы. М.: Гипроторфразведка, 1964. 447 с.
15. Технические условия ТУ 5768-001-03983434-96 «Блоки стеновые и плиты теплоизоляционные на основе торфяного связующего».
16. Кудяков А.И., Копаница Н.О. Саркисов Ю.С., Рыжиков А.Б. Эффективные строительные материалы на основе модифицированных торфов // Строительные материалы. 2002. № 7. С. 12-14.

Application of peat in construction

N.O. Kopanitsa

In article data on features of use of peat for reception building materials are resulted. With this purpose ways of regulation of processes of structurization composite materials and influence of various modifying additives on maintenance of required physicotechnical properties of building materials were investigated.

ПРОБЛЕМЫ КОМПЛЕКСНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТОРФА И САПРОПЕЛЯ

И. И. Лиштван

Институт проблем использования природных ресурсов и экологии
НАН Беларуси, г. Минск

В недрах Республики Беларусь, Российской Федерации и зарубежных стран имеются значительные запасы торфа, сапропелей, освоение которых может оказать значительное влияние на экономику страны. Торфяные и сапропелевые ресурсы активно эксплуатируются. Многие торфяные месторождения после гидротехнической мелиорации эффективно используются как сельскохозяйственные угодья. Торфяные и сапропелевые месторождения как объекты биосферы, ресурсы торфа и сапропеля находят применение в сельском хозяйстве, энергетике, химической технологии, бальнеологии, охране окружающей среды.

В Беларуси сформировались научные школы по изучению и разработке торфяных и сапропелевых месторождений, изучению состава и свойств торфа и сапропелей, отработаны многие направления их использования с получением весьма ценных продуктов и материалов. Научные исследования по торфу и сапропелям ведутся в учреждениях Национальной академии наук Беларуси, вузах республики, отраслевых НИИ. Высока эффективность использования сапропелей как компонентов органических удобрений, мелиорантов, лечебных грязей, растворов для бурения нефтяных и газовых скважин. Более 1 млн. га торфяных месторождений мелиорировано и используется в качестве сельскохозяйственных угодий. Проводится оценка роли торфяных месторождений как объектов биосферы в сохранении ландшафтного и биологического разнообразия, в определении статуса особо охраняемых территорий. На предприятиях Белагросервиса организована добыча торфа и сапропелей для нужд сельского хозяйства и топливных целей. Велика роль торфа в получении сорбентов для спецпроизводств и охраны окружающей среды.

29–2 июня 2006 года в г. Минске, 14–16 ноября 2006 г. в г. Твери проведены Международные конференции “Торф в решении проблем энергетики, сельского хозяйства и экологии” с участием ученых и специалистов из 14 стран. В своем решении участники конференции признали большую роль торфа, торфяных месторождений и болот в экономическом, культурном и общественном развитии Центральной Европы. Они отметили, что торфяные месторождения являются важными, медленно возобновляемыми источниками сырья для энергетики, сельского хозяйства, перерабатываю-

щей промышленности, бальнеологии. Признали необходимым для многих стран увеличение объемов добычи торфа для энергетики, коммунально-бытовых целей и положительно оценили перспективы развития торфяной отрасли в России, Беларуси, Украине и других странах. Учредили Международный научно-образовательный центр по торфу с офисом в г. Тверь.

19–21 июня в г. Пинске проведен Международный семинар «Европейское Полесье – хозяйственная значимость и экологические риски», главной целью которого явилось обсуждение экономических и экологических проблем Полесья и разработка концепции развития производительных сил региона и сохранение уникальных природных комплексов.

За период освоения торфяных месторождений в Беларуси вследствие добычи и потерь по условиям добычи, от минерализации, ветровой и водной эрозии, радиоактивного загрязнения, пожаров – запасы торфа уменьшились примерно на 1.4 млрд. тонн. Первоначальные объемы определялись в 5.6 млрд. тонн. Естественный прирост торфа за этот период составил 60–70 млн. тонн. В настоящее время ежегодное уменьшение запасов торфа составляет 13–14 млн. тонн, главным образом за счет минерализации органического вещества на мелиорированных сельхозугодиях.

Общая площадь торфяного фонда составляет ныне 2.4 млн. га с геологическими запасами торфа около 4.2 млрд. тонн. Однако эти запасы нельзя рассматривать как возможные к разработке, так как в их состав входят заолонные виды торфа, мелкозалежные и малые торфяные месторождения, торфяные залежи, играющие существенные природоохранные функции. В 2006 году добыто всего 2.3 млн. тонн торфа преимущественно для производства торфяных брикетов (1.2 млн. тонн), из которых поставлено на экспорт около 250 тыс. тонн. Для потребностей внутреннего рынка республики произведено 4 тыс. тонн питательных грунтов на основе торфа, поставлено на экспорт около 25 тыс. тонн торфа.

В Государственной программе “Энергетическая безопасность” намечается увеличение добычи торфа до 3.33 млн. тонн для энергетических целей и по Государственной программе “Возрождение и развитие села” до 3 млн. тонн для производства 10 млн. тонн торфяно-воздушных компостов и других удобрительных составов, смесей и мелиорантов.

Ныне все торфяные месторождения страны в соответствии со “Схемой рационального использования и охраны торфяных ресурсов Республики Беларусь на период до 2010 года” (Постановление Совета Министров Республики Беларусь от 25 ноября 1991 г. № 440) сгруппированы в целевые фонды: природоохранный, земельный, разрабатываемый, запасной и неиспользуемый. Этим постановлением Правительство обязало министерства, ведомства и облисполкомы республики учитывать рекомендации основных положений схемы, периодически ее уточнять. Такое уточнение схемы назрело теперь, так как

на период разработки и утверждения “Схемы” республика была обеспечена дешевыми энергоресурсами, что, естественно, отразилось на распределении имеющихся запасов торфа по целевым фондам. Приоритетными направлениями того периода были земельное и природоохранное использование торфа и к ним было отнесено более 50 % имеющихся запасов. В разрабатываемый же фонд было включено только около 5 % торфяных запасов.

Таким образом, краткий анализ торфяного фонда, роли торфа и торфяных месторождений в природе и экономике свидетельствует о том, что за счет перераспределения торфяных ресурсов по целевым фондам, пересмотра позиции торфяного фонда в земельном, природоохранном и нераспределенном фондах разрабатываемый фонд прогнозно может составить 1.1–1.2 млрд. тонн с извлекаемыми запасами 600–800 млн. тонн. Это свидетельствует об имеющихся возможностях увеличения объемов добычи торфа в республике в 2.0–2.5 раза по сравнению с существующими для нужд сельского хозяйства, малой энергетики и производства коммунально-бытового топлива. В топливно-энергетическом балансе страны доля торфа в настоящее время может составить 1.2 млн. тонн условного топлива (тут), в перспективе 3.4 млн. тут. Для этого незамедлительно следует принять на государственном уровне упрощенные схемы, нормативы отвода торфяным предприятиям эксплуатационных площадей для добычи торфа, принять меры по развитию торфяной отрасли в концерне “Белтопгаз”, отработать новые схемы и агрегаты по сжиганию торфа с минимальными выбросами продуктов горения и с освоением новых технологий по утилизации золы.

Учитывая важность и остроту проблемы обеспечения республики местными видами топлива при обязательном сохранении стабильности природной среды, необходимо создание новых экологобезопасных ресурсосберегающих технологий разработки торфяных месторождений, требуется научно обосновать новые критерии выделения целевых торфяных фондов и на их основе уточнить целевые фонды, в том числе и разрабатываемый. Для оперативного увеличения объемов добычи торфа для нужд энергетики и коммунально-бытового топлива разрабатывается Государственная программа «Торф». В ней предусмотрены работы по оценке торфяного фонда и его перераспределению по целевым фондам, определению группы экономически крепких и эффективно работающих предприятий с целью первоочередного отвода им новых площадей для добычи торфа и возможного строительства мини-ТЭЦ на торфяном топливе, обоснованию и разработке экологобезопасных ресурсосберегающих технологий и соответствующего оборудования по добыче, переработке и сжиганию торфа, в том числе совместно с другими горючими материалами, по получению кускового торфа, торфяных брикетов и пеллетов, по уточнению современного состояния выбывших из эксплуатации и существенно сработанных торфяных мес-

торождений, по упрощению законодательства по отводу новых и передаче выработанных площадей, по экологической оценке последствий разработки месторождения и сжигания торфа для окружающей среды.

К числу основных направлений повышения эффективности их использования для топливных целей следует отнести:

- использование фрезерного торфа для производства брикетов и как топливо на теплоэлектростанциях;
- расширение добычи кускового торфа (2-кратная экономия топливно-энергетических ресурсов на единицу тепла у потребителя);
- создание технологий, позволяющих использовать промышленные запасы торфа с коэффициентом извлечения 0.8–0.85;
- использование торфа для создания композиционного топлива;
- повышение эффективности использования торфа за счет создания новых технологий сжигания (газификация);
- разработка технологий использования древесных остатков торфа как топлива и химико-технологического сырья;
- выращивание биомассы на выработанных торфяных месторождениях для получения твердого, жидкого и газообразного топлива.

Что касается энерготехнологической переработки торфа с получением газообразных и высококалорийных энергоносителей, то требуется возобновление специальных научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ. В прошлом такие работы проводились, были созданы и успешно работают сотни газогенераторных установок с мощностью до 1 МВт, многие предприятия успешно использовали технологический газ, полученный при термохимической переработке торфа.

Для обеспечения бездефицитного баланса гумуса в почвах необходима оптимизация систем заготовки, переработки, хранения и использования органических удобрений. Внесение торфа в почву без предварительного компостирования с навозом обогащает почву гумусом, однако этот прием экономически невыгоден из-за медленной скорости минерализации его органического вещества в пахотном слое и несбалансированности торфа по элементам питания растений.

Наиболее эффективно и целесообразно использовать торф для приготовления торфянонавозных компостов и сбалансированных органоминеральных удобрений, в составе которых доля торфа должна составлять около 25–30 %. Для производства 10 млн. тонн компостов необходимо иметь около 2.5–3 млн. тонн торфа. Такие ресурсы в республике имеются, однако в связи с тем, что в течение многих лет добыча торфа для сельского хозяйства не превышала 200–300 тысяч тонн в год, большая часть ранее подготовленных для этого торфяных месторождений и участков заросла кустарником, а осушительные системы вышли из строя и нуждаются в реконструкции.

В связи с сокращающимися объемами добычи торфа и экономическими причинами его доля в структуре органических удобрений Беларуси резко снизилась – за последние пятнадцать лет до 1–2 %. Для возобновления добычи торфа в нужных объемах для сельскохозяйственного использования необходимы организационно-экономические мероприятия общегосударственного уровня, что и предусматривается программой «Торф».

Очевидно, что сложившаяся в прежние годы практика использования торфа в сельском хозяйстве, основанная на приготовлении торфонавозных компостов преимущественно бульдозерно-экскаваторной техникой, не обеспечивает необходимого качества и эффективности таких компостов, что позволяет рассматривать их лишь как местные удобрения с ограниченным плечом перевозок. Необходимо переориентация в сторону снижения объемов использования торфа устоявшимися, не всегда рациональными способами, разработка и реализация ресурсосберегающих технологий по его переработке и созданию высокоэффективных и конкурентоспособных материалов.

В связи с этим, научное обеспечение должно быть направлено на создание ресурсосберегающих технологий производства современных видов удобрительно-мелиорирующих материалов на основе утилизации вторичного органического сырья (отходы животноводческих комплексов и ферм, растениеводства, пищевой промышленности, гидролизного производства и др. с минимально возможным использованием торфа и балансирующими добавками).

В сложившейся ситуации необходимо начинать постепенное освоение новых технологий и переход к практике производства и применения органических удобрений по ресурсо- и энергосберегающим технологиям.

Примерная структура приоритетной продукции, производимой на основе торфа и других органических материалов для сельского хозяйства и массового потребления в Беларуси на ближайшую перспективу должна иметь следующий вид:

- торфо-навозные и торфо-пометные компосты, сбалансированные органические удобрения на основе вторичного органического сырья с добавками торфа или сапропеля для возделывания пропашных культур и производства овощей в открытом грунте;
- комплексные гранулированные удобрения пролонгированного действия для хозяйств, расположенных на почвах легкого гранулометрического состава, а в природоохранных зонах – на всех почвах;
- мелиорирующие смеси и растительные грунты для зеленого строительства, реабилитации нарушенных, деградированных и техногенно загрязненных земель, городских ландшафтов и др.;
- грунты и субстраты для выращивания рассады и малообъемной технологии производства овощей в теплицах;

- регуляторы роста и экологически безопасные средства защиты растений, биологически активные добавки к минеральным удобрениям, повышающие коэффициент использования элементов питания;
- жидкие гуминовые удобрения с микроэлементами для некорневой подкормки растений;
- кормовые добавки в рацион, биологически активные препараты для животноводства и ветеринарии, повышающие устойчивость к заболеваниям и продуктивность животных.

Устойчивая хозяйственно-экономическая деятельность таких, относительно небольших по объемам производства продукции предприятий, свидетельствует, в целом, об их экономической целесообразности (стоимость 1 тонны продукции варьирует от 30 до 70–100 у.е.) и удовлетворительной рентабельности (на уровне 20–30 % и даже выше). Важный социально-экономический эффект при этом состоит в рациональном использовании природных ресурсов и ресурсосбережении, реальном импортозамещении и возможности экспортных поставок, охране окружающей среды, расширении ассортимента товаров для населения и др.

Технологические решения утилизации отходов животноводческих комплексов и производства сбалансированных органических удобрений позволяют в 1.5–2 раза снизить расход торфа на приготовление тонны удобрений и в расчете на удобряемую площадь, уменьшить на 15–20 % дозы внесения удобрений, а также на 10–15 % снизить затраты на их применение, что позволяет расширить окупаемое плечо перевозок.

Комплексные гранулированные удобрения, например, в 1.5 раза повышают устойчивость к вымыванию питательных веществ из пахотного слоя почвы, обеспечивают получение дополнительно в среднем 20 ц/га картофеля и 2.6–3.0 ц/га зерна по сравнению с эквивалентным количеством входящих в их состав органических и минеральных компонентов, проявляют в 1.5–2.0 раза меньшее коррозионное воздействие на металлы.

Регуляторы роста растений обеспечивают прибавку урожайности зерновых 8–10 % и овощных 15–25 %, а также снижение норм средств химической защиты растений на 30 %.

На ряд технологий имеются типовые комплекты проектно-технологической и нормативно-технической документации, перечни основных стандартных и нестандартных узлов оборудования и др.

Следует указать, что в республике имеются животноводческие комплексы, удаленные от возможных мест добычи торфа. В таких местах целесообразно и перспективно использовать сапропель, залегающий под торфом, и торфо-сапропелевые смеси, которые можно добывать на выработанных торфяных месторождениях, что значительно экономичнее, чем добыча сапропеля из озер.

Выявлено 487 перспективных выработанных торфяных месторождений с залежами сапропеля, запасы которого составляют здесь 352 млн. тонн, из них около 100 млн. тонн считаются извлекаемыми. Освоение таких ресурсов является более простой технической задачей, чем разработка залежей озерного сапропеля. Пониженная влажность погребенного под торфом сапропеля и использование созданной для добычи торфа инфраструктуры, делает разработку донных отложений здесь вместе с остаточным слоем торфа на 20–50 % энергетически более выгодной, чем из озер. Поэтому в последние годы добыча сапропеля на торфоучастках превосходит добычу из озер.

Сапропель – полезное ископаемое, которое используется в Беларуси с довоенного времени. В озерах залегает 2.8 млрд. м³ сапропеля, под торфом – 1.2 млрд. м³. Сапропелевые удобрения (СУ) более эффективны, чем торфяные, увеличивают содержание и запасы гумуса и азота в почве. Лучший результат наблюдается при применении СУ на основе смешанного типа сапропеля, которые по продуктивности севооборота не уступают навозу.

В конце 80-х годов республика на 50 объектах добывала более 1 млн. тонн сапропеля. Для реализации заготовки органических удобрений, предусмотренных Государственной программой “Возрождение и развитие села”, могут использоваться ресурсы сапропеля в объеме 1–2 млн. тонн в год, что позволит на 5–10 % сократить внесение минеральных удобрений при увеличении качества конечной продукции. Программа возобновления и наращивания объемов добычи сапропеля для применения в сельском хозяйстве может быть выполнена при выделении соответствующих госбюджетных средств силами районных подразделений Республиканского объединения “Белагросервис”.

В настоящее время в связи с экономическими трудностями добыча сапропеля сократилась до 40–50 тыс. тонн в виду, главным образом, отсутствия финансовых средств у потребителей сапропелевых удобрений. Ранее работы по заготовке и внесению органических удобрений, в том числе сапропеля, финансировались из госбюджета. Стоимость сапропелевых удобрений, заготовленных по гидромеханизированной технологии, составляет в настоящее время около 50 тыс. руб. за тонну (франко-штабель на производственно-техническом унитарном предприятии “Плодородное” оз. Червоное Житковичского района). Рекомендуемая доза внесения – 40 и более тонн на гектар.

Кроме использования в сельском хозяйстве сапропель применяется в бальнеологии для грязелечения. Сапропелевые грязи используют более 40 лечебно-оздоровительных учреждений республики.

В Беларуси для сельского хозяйства было осушено 1068.2 тыс. гектаров торфяных почв, их которых 946 тыс. гектаров было осушено при мелиорации болот и еще 122.2 тыс. гектаров было передано сельскому хозяйству после

рекультивации выработанных торфяных месторождений с остаточным слоем торфа не менее 0,5 метра. Большая площадь осушенных торфяных почв предопределяет их роль в экономике и экологии республики.

При соблюдении научно обоснованных технологий возделывания сельскохозяйственных культур на торфяных почвах получают более 100 центнеров кормовых единиц с одного гектара. В экономике республики торфяные почвы обеспечивают занятость населения, особенно в Полесье, и производство значительной доли кормов. Многие сельскохозяйственные предприятия созданы и функционируют полностью или почти полностью на осушенных торфяных почвах. Итогом мелиорации торфяных почв явилось существенное увеличение производства мясной и молочной продукции и создание большого количества рабочих мест.

Если в экономике государства осушение болот привело к существенному положительному эффекту, то в экологическом аспекте четко обозначились как положительные, так и отрицательные последствия.

Осушение болот благоприятно сказалось на экологической ситуации во многих местах, что привело к исчезновению таких опасных и распространенных в Полесье болезней, как туберкулез и малярия. С другой стороны, осушение больших площадей во многих местах негативно повлияло на биологическое и ландшафтное разнообразие, а существовавшая до мелиорации болот единая лесоболотная система в Полесье оказалась разделенной на фрагменты, что привело к формированию островных популяций биоразнообразия. Начался процесс замены влаголюбивых видов лесостепными и степными. Значительно изменился микроклимат: участились атмосферные засухи, поздневесенние и раннеосенние заморозки, спрямлено большое количество рек, многие из которых пересохли. Ухудшилось качество поверхностных и подземных вод, понизились уровни грунтовых вод не только на осушенных, но и на прилегающих территориях на расстоянии 1–4 км от мелиоративных систем.

В результате неправильного использования торфяных почв происходит деградация их торфяного слоя, в результате которой в республике, по официальным данным, к 2000 году сохранилось лишь 878 тыс. гектаров осушенных торфяных почв, остальные утратили генетические признаки торфяных и перешли в категорию антропогенно деградированных почв, и эти процессы продолжают, нанося значительный ущерб экономике и экологии.

К 2010 по сравнению с 2005 годом произойдут существенные негативные изменения осушенных торфяных почв: за пять лет площади почв с глубиной торфа более 1 м сократятся на 21 тысячу гектаров, площади деградированных торфяных почв возрастут на 33 тысячи гектаров, в том числе на 7 тысяч гектаров возрастут площади минеральных почв после сработки торфа, в основном – малопродуктивных песков.

Произойдет снижение балла бонитета и в связи с этим неизбежен недобор урожаев сельскохозяйственных культур, что приведет к уменьшению производства продуктов животноводства. К 2010 г. балл бонитета на пашне снизится с 55.8 до 52.5, а к 2020 г. – до 49.9. Процессы уменьшения баллов бонитета торфяных почв будут иметь место во всех административных областях.

В связи с появлением малопродуктивных развееваемых песков на месте бывших торфяных почв можно прогнозировать выбытие из сельскохозяйственного оборота таких земель и соответствующий недобор урожаев, а также потерю рабочих мест для сельского населения и возможные его миграции к новым рабочим местам. Для сохранения валовых объемов производства сельскохозяйственной продукции сельским производителям придется увеличивать долю капиталовложений в использование других земель с целью компенсации недобора урожаев на ранее мелиорированных торфяных почвах.

Другие экономические потери будут связаны с ухудшением общей экологической ситуации и микроклимата на мелиорируемых территориях (загрязнение вод, ухудшение гидрологического режима, ухудшение микро-рельефа и пестроты полей, засухи, заморозки, и т. д.).

Наибольшую опасность представляет образование антропогенных песчаных почв на месте разрушенных торфяных. Пока эта форма деградации почвенного покрова проявляется лишь локально на сравнительно небольших отдельных площадях, однако, в очень многих местах. Крупные очаги деградации уже появились в Солигорском районе, где имеется более 6.7 тыс. га песков, вышедших на поверхность после полного разрушения торфяного слоя, в Любанском – более 2.7 тыс. га, в Слуцком – более 1.4 тыс. га и т. д. по многим административным районам, и эти процессы продолжаются. В связи с изложенным назрела острая необходимость разработки специальной программы по повышению эффективности использования и охране мелиорированных, в основном торфяных почв.

К числу мероприятий по рациональному использованию торфяных почв следует отнести:

- разработку рекомендаций по использованию торфяных и деградированных торфяных почв и внедрение их во всех хозяйствах, имеющих торфяные почвы;
- создание экономических условий, обеспечивающих преимущество луговодства на торфяных почвах по сравнению с другими культурами;
- рассмотрение вопроса о выпуске в Беларуси или закупке за рубежом плугов для внедрения послыно-смешанной культуры земледелия, обеспечивающей консервацию торфяного слоя;

- разработку и опробование на примере 2–3 хозяйств методов сельскохозяйственного использования, облесения и повторного заболачивания песчаных почв, образовавшихся в результате разрушения торфяного слоя;
- разработку рекомендаций и выполнение комплекса природоохранных мероприятий по улучшению структуры агроландшафтов на мелиорированных территориях;
- разработку автоматизированной методики прогнозирования изменений почвенного покрова с осушенными торфяными почвами и прогноза изменений торфяных почв до 2050 года для всех административных областей;
- переработку классификации деградированных торфяных почв;
- разработку методики дистанционного мониторинга осушенных торфяных почв.

Таким образом, широкая распространенность торфа и сапропелей в Беларуси, высокая ценность их органической части обуславливает также необходимость комплексного подхода к использованию, особенно тех видов торфа и сапропеля, которые обеспечивают получение широкого набора разных продуктов и материалов, не имеющих аналога при переработке других видов природных ресурсов. Наряду с использованием торфа на топливо, а мелиорированных торфяных месторождений в качестве сельскохозяйственных угодий, в последние годы вскрыты новые возможности торфа и сапропеля как органического материала и показана высокая эффективность его переработки для получения органических и органоминеральных удобрений, удобрительных смесей, мелиорантов, биостимуляторов, ростовых веществ и кормовых добавок; широкого набора продукции для тепличных, садово-огородных хозяйств и зеленого строительства; сорбционных материалов для поглощения вредных и токсически опасных веществ, в том числе тяжелых металлов и радионуклидов, из водных и газовых сред; красителей древесины, химических волокон, тканей и кож; специальных антикоррозийных присадок, преобразователей ржавчины и консервационных материалов, торфощелочных реагентов для буровой техники и производства строительных материалов; металлургического сырья; лекарственных средств, изделий бытовой химии, косметики, полиграфии и других продуктов. Важно подчеркнуть, что при организации выпуска указанных продуктов отходы одного производства могут быть исходным сырьем для другого, т.е. возможно создание комплексных предприятий по ресурсосберегающей малоотходной технологии. В целом, в настоящее время определились пять направлений использования торфа и торфяных месторождений: топливно-энергетическое, сельскохозяйственное, химико-технологическое, бальнеологическое и медицинское, природоохранное.

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТОРФА В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

С.М. Лукин

ГНУ Всероссийский научно-исследовательский, конструкторский и проектно-технологический институт органических удобрений и торфа Россельхозакадемии, г. Владимир, vnion@vtsnet.ru

Рассмотрены перспективные направления использования ресурсов торфа в сельском хозяйстве России. Показана эффективность различных способов использования торфа на удобрение.

Запасы торфа в России, размещенные на 57.4 тыс. месторождений, оцениваются в 168.3 млрд.т, что составляет более одной трети мировых ресурсов. Большая часть торфа (84 %) сосредоточена в Азиатской и 16 % – в Европейской части страны. Почти половина ресурсов торфа и более половины площади торфяных месторождений относятся к Уральскому федеральному округу. В балансовых запасах торфа содержится 9438 млн. т органического вещества и 236.5 млн. т NPK [1, 2] (табл. 1).

Основная масса торфа сформировалась в голоцене за последние 7-10 тыс. лет. В это же время на торфяных болотах сложился природный круговорот веществ в биосфере, в результате которого толщина торфяного пласта продолжает ежегодно увеличиваться на 0.2-1.4 мм, а площади залежей разрастаются на 20-30 тыс. га. В большей мере этот процесс характерен для Сибири.

В прошлом столетии было использовано на топливно-энергетические цели до 2 млрд. т торфа, что равноценно 800 млн. т каменного угля. В послевоенный период было израсходовано в сельском хозяйстве 1.2 млрд. т торфа, что позволило дополнительно получить не менее 48 млн. т зерновых единиц.

В дореформенный период доля торфа в органических удобрениях России достигала 32-40 %, а в отдельных областях и республиках Нечерноземья – до 50-60 %. В 1985-1990 гг. сельскому хозяйству поставлялось в среднем за год 92 млн. т торфа.

При этом во многих случаях навсегда уничтожались небольшие по площади месторождения, удобно приближенные к полям и фермам. По данным Минприроды РФ, южные торфяные болота и торфяники лесостепи и степи были уничтожены или сильно нарушены. В таежно-лесной зоне торфяные залежи использовались при низком коэффициенте извлечения торфа, что удорожало его для потребителя. Выработанные карьеры чаще всего забрасывались.

Таблица 1

Ресурсы торфа и запасы в них титательных веществ [1, 2]

Федеральные округа	Общие торфяные ресурсы				Балансовые запасы			Количество питательных веществ в балансовых запасах, тыс. т	
	Количество месторождений	Площадь, тыс. га	Торфяные ресурсы, млн. т	Количество месторождений	Площадь, тыс. га	Торфяные запасы, млн. т		Органического вещества	NPK
						Всего	в т.ч. произведенные		
Российская Федерация	57378	50763.7	168289.3	21046	10364.9	30771.5	11472.1	9437611	236458
Центральный	16120	1221.6	3047.7	7281	972.6	2180.8	1411.7	668849	16756
Северо-Западный	18912	8146.4	24457.2	5695	2580.3	8260.6	5482.5	2533532	63466
Южный	56	1.4	3.1	21	0.6	0.9	-	283	7.5
Приволжский	10547	980.3	2856.0	5150	592.9	1100.0	955.5	364975	9143
Уральский	5640	24573.9	82191.0	1405	2352.5	7338.5	1922.5	2250723	56381
Сибирский	4496	13407.3	48402.9	1065	3222.0	10065.6	1358.6	3087107	77334
Дальневосточный	1607	2432.8	7331.4	429	644.1	1735.1	341.5	532142	13331

Торфоразработки вплоть до 90-х годов велись высокими темпами. Так, во Владимирской области торфа добывалось больше, чем в США, включая Аляску. Максимальная годовая добыча достигала 4.5 млн. т при экологически безопасном пороге в 200 тыс. т. В результате были уничтожены сотни месторождений, а торфяной фонд области сократился вдвое [3]. Аналогичная ситуация складывалась и в других областях центрального региона – Московской, Тверской, Ярославской и др. Безусловно, разработку торфяных месторождений производят во всех цивилизованных странах, имеющих достаточные торфяные ресурсы. Однако лишь в России добытый торф в таких огромных количествах использовали в качестве топлива.

В настоящее время в сельскохозяйственных организациях России ежегодно используется 0.5-1.0 млн. т торфа, а доля его в общем объеме применения органических удобрений сократилась до 1-2 % (рис. 1, табл. 2).

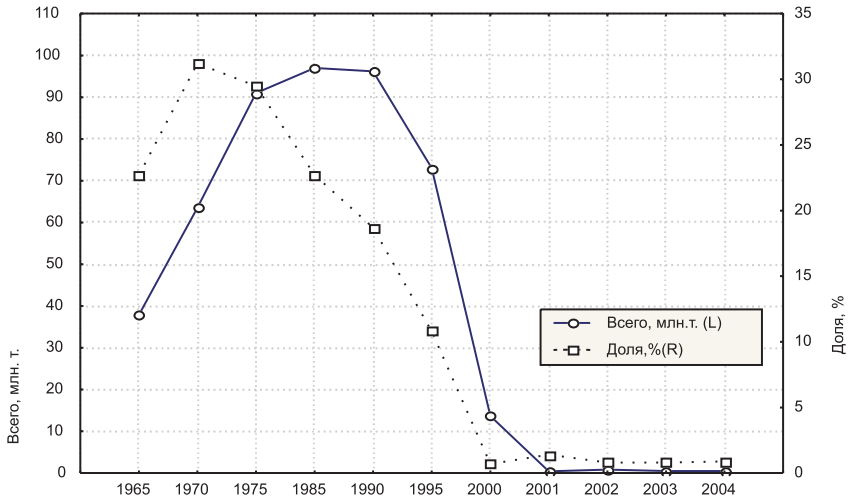


Рис. 1. Динамика использования торфа и доля его в общем объеме органических удобрений в сельскохозяйственных организациях России.

При этом во всей Азиатской части России, располагающей 1/3 мировых запасов торфа, используется его чуть более 300 тыс. т.

Одной из основных причин резкого сокращения использования торфа в сельском хозяйстве является значительное увеличение затрат на его добычу, транспортировку и внесение. В этой связи важнейшее значение приобретает проблема наиболее рационального и эффективного использования ресурсов торфа.

Использование торфа в сельском хозяйстве России, тыс.т. в год [4]

Федеральные округа	1976-1980 гг.	1986-1990 гг.	1996-2000 гг.	2001-2004 гг.
Российская Федерация	44230	91783	3326	1130
Центральный	17216	29390	614	321
Северо-Западный	7510	21137	1133	409
Приволжский	13541	23595	111	70
Уральский	2846	7471	267	279
Сибирский	1023	4902	168	30
Дальневосточный	2094	5285	33	21

Большое природное многообразие торфов, резкое различие химических свойств требуют строго дифференцированного подхода к их использованию. Участие в удобрениях торфа, обладающего высокими ионообменными, сорбционными и связующими свойствами, в отличие от химических удобрений, пестицидов и минералов, не допускает загрязнения природной среды и, как показали опыты, обеспечивает высокую удобрительную эффективность.

Обобщение результатов 31 длительного полевого опыта по использованию торфа в чистом виде, проведенное ВНИПТИОУ, показывает, что оплата урожаем 1 т торфа колеблется от 9 до 50 кг з.е. Это составляет только 27-40 % от эффективности подстилочного навоза. Поэтому наибольшее распространение получило использование торфа для производства компостов.

В зависимости от типов почв и доз удобрений 1 т торфонавозного компоста обеспечивает прибавку урожая от 41 до 106 кг з.е. Наибольшая оплата 1 т компоста урожаем достигается на дерново-подзолистых песчаных и супесчаных почвах Нечерноземной зоны, значительно снижаясь на серых лесных почвах и черноземах (табл. 3).

Более эффективному использованию торфа на удобрение отвечает применение его для производства торфопометных компостов. Имеются экспериментальные данные о перспективности использования верхового торфа в качестве подстилки на птицефабриках.

В исследованиях ВНИПТИОУ компостирование торфа с птичьим пометом позволяет получать от 1 т торфа в 2 раза большую прибавку урожая, чем от использования его в чистом виде (табл. 4).

Совместно с ВНИПТИП, ВНИИА, ВНИИВСГЭ выполнены исследования по получению экологически чистых и высокоэффективных торфо-

Эффективность торфонавозных компостов на различных типах почв с учетом последствий в севообороте (Россия, Белоруссия, Украина, обобщение ВНИПТИОУ)

Почвы	Количество опытов (ротаций севооборотов)	Среднегодовая доза внесения в севообороте, т/га	Среднегодовая урожайность без компоста, ц з.е.	Прибавка урожая, ц з.е. на 1 га	Оплата 1 т компоста урожаем, кг з.е.
Без минеральных удобрений					
Дерново-подзолистые песчаные и супесчаные	22	10.0	30.3	10.6	106
Дерново-подзолистые суглинистые	61	9.3	29.3	6.3	68
Серые лесные	15	8.3	24.2	4.5	54
Черноземы, выщелоченные, обыкновенные	18	8.3	33.8	3.9	47
При применении минеральных удобрений					
Дерново-подзолистые песчаные и супесчаные	58	9.4	35.3	6.1	65
Дерново-подзолистые суглинистые	62	9.5	41.0	3.9	41
Серые лесные	6	10.0	33.8	5.4	54

пометных удобрений путем аэробной твердофазной ферментации и термической сушки в установках барабанного типа в активном варианте с доведением температуры в органической смеси до 70 °С. Установлено, что с увеличением доли торфа в удобрении снижается содержание органического вещества, углерода, азота, фосфора и калия и возрастает количество золы. В случае преобладания помета над опилками и торфом достигается наиболее высокое содержание органического вещества, углерода и азота.

Целесообразность организации при птицефабриках предприятий по производству торфопометных удобрений годовой мощностью 60-180 тыс. т подтверждается экономическими расчетами. Российский потенциал про-

изводства экологически чистых и высокоэффективных удобрений из сырья птицефабрик составляет не менее 40-60 млн. т в год.

Таблица 4

Сравнительная эффективность различных видов органических удобрений в 6-польном полевом севообороте (1994-2001 гг.)

Виды удобрений	Среднегодовая доза удобрения, т/га	Урожайность, ц/га					Продуктивность севооборота, всего, ц з.е./га	Оплата 1 т ОУ урожаем, кг з.е.
		картофель	ячмень	клевер I-II г.п.	озимая пшеница	ячмень		
Без удобрений	-	139	36.1	62.8	20.9	12.9	185.8	
N ₃₄ P ₆₈ K ₆₈ – фон	-	166	46.6	65.7	23.8	22.9	226.5	
Фон + подстилочный навоз	10.0	212	48.0	72.9	24.5	25.5	251.0	41
Фон + торфонавозный компост	11.8	204	48.4	73.9	23.7	23.9	247.8	30
Фон + торфопоменный компост	7.3	204	48.1	74.4	24.1	22.5	246.3	45
Фон + торф	9.0	186	48.7	67.7	23.6	24.6	238.4	22
Фон + сапрпель	19.5	180	47.8	68.7	23.8	23.0	234.7	7
НСР ₀₅		40.1	3.6	11.9	3.1	2.1		

Хорошо зарекомендовал себя торф как компонент удобрения в составе торфо-растительных компостов. Это наиболее экологически чистые органические удобрения, они отличаются высокими удобрительными свойствами и могут успешно использоваться в качестве грунтов в тепличном хозяйстве.

В целях экономии транспортных затрат для удаленных от ферм полей предложена технология производства торфосидератных компостов – рядом с торфяником и непосредственно на мелиорированном торфоболоте. В первом случае послойно формируется бурт, в котором слои торфяной крошки чередуются со слоями измельченной массы люпина. Во втором варианте на площади торфяника выращивают однолетний узколистый люпин. Биомасса его в фазе сизых бобов скашивается, измельчается, равномерно распределяется по площади торфяника, дискуется, собирается и убирается с территории возделывания. В полученной массе преобладает

торф. Внесение торфолупиновой смеси возможно под озимые и зябь или после перезимовки весной в виде компоста под пропашные культуры. Установлено, что после компостирования в бурте люпин разлагается на 80 %, а торф – лишь на 5 – 7 %. Внесение 40 т/га торфонавозного компоста КРС обеспечило получение 171 ц/га клубней картофеля, а от такого же количества торфосидерального компоста – 188 ц/га.

Разработана технология сапропелесидератного компоста, в которой вместо торфа используется сапропель.

Наиболее перспективным направлением использования торфа является освоение технологий его глубокой переработки. Ценность и эффективность переработанного сырья возрастает при этом в десятки и даже сотни раз.

Как показывают расчеты, при использовании торфа для производства компостов стоимость выращенной продукции составит от 108 до 360 руб., а для производства торфогрунтов – от 2000 до 5000 руб. на 1 т.

В последние 10-15 лет резко возросло производство и реализация на рынке новых видов органических, органоминеральных удобрений и питательных грунтов, в том числе на основе торфа. Так, если в 1999 г. в «Государственном каталоге пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению на территории РФ» были указаны свидетельства о 31 виде удобрений, то в 2004 г. – 1181 виде коммерческих удобрений. При этом количество фирм, занимающихся оборотом органических, органоминеральных удобрений, возросло в 10 раз (рис. 2, 3). По экспертной оценке общий объем реализованных удобрений достигает 2.0-2.5 млн. тонн.

Перспективным направлением является производство органобактериальных удобрений на основе торфокомпостов и препаратов симбиотических азотфиксирующих микроорганизмов.



Рис. 2. Количество видов органических, органоминеральных удобрений и питательных грунтов, разрешенных к применению в Российской Федерации

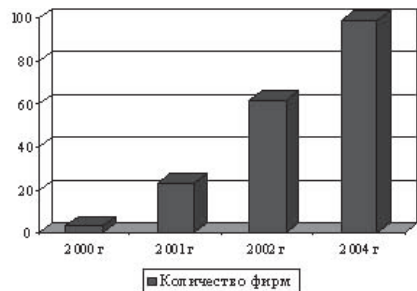


Рис. 3. Количество фирм, производящих питательные грунты на основе органических, органоминеральных удобрений и торфа

В наших исследованиях совместное применение торфонавозного компоста 30 т/га и препаратов экстрасола и серация 218 в дозе 4.75 кг/га увеличивало урожай картофеля на 55 ц/га (43 %). Прибавка урожая от бактериальных удобрений на фоне органических достигала 36 ц/га, что составило 25 % (табл. 5).

Таблица 5

Влияние торфонавозного компоста совместно с бактериальными препаратами на урожайность картофеля (в среднем за 3 года)

Вариант	Урожайность, ц/га	Прибавка урожая	
		ц/га	%
Без удобрений	127	-	-
ТНК 30 т/га	146	19	15
ТНК + экстрасол КО	175	48	38
ТНК + экстрасол № 15	182	55	42
ТНК + серация № 218	182	55	43
НСР05 ц/га	15.7		

Таблица 6

Влияние минеральных удобрений на урожайность сена многолетних трав на осушенной болотной торфяно-глеевой низинной почве, в среднем за 3 года (опыт ВНИПТИОУ)

Варианты опыта	Урожайность, ц/га	Прибавка урожая	
		ц/га	%
Без удобрений	32.7		
N240	54.0	21.3	65
P120	32.5	-0.2	0
K180	42.3	9.6	29
N120P60K90	71.1	38.4	117
N240P120K180	92.8	60.1	184
N360P180K270	103.2	70.5	216

Важнейшее значение имеет проблема сохранения плодородия торфяных почв и выработанных торфяников. При этом главным фактором экологической стабилизации торфяных почв являются фитоценозы, основу

которых должны составлять многолетние травы. Их доля зависит от устойчивости торфяника к деградации и должна возрастать от древесных торфов к моховым разновидностям и составлять в зависимости от географического положения торфяника и степени его разложения от 40 до 80 %. Многолетние травы на торфяных почвах предпочтительно использовать под сенокосы.

В исследованиях института (Брайцева В.И.) на осушенной болотной торфяно-глеевой низинной почве Мещеры применение удобрений в дозе N120P60K90 обеспечивало получение 71.1 ц/га, N240P120K180 – 92.8 ц/га сена многолетних трав и оптимизацию агрохимических свойств почвы (табл. 6).

Полному залужению целесообразно подвергать мелкозалежные торфяники, а также наиболее подверженные деградации торфяные почвы топяного подтипа с низкой степенью разложения.

Литература

1. Ресурсы органических удобрений в сельском хозяйстве России: Информационно-аналитический справочник / Под ред. доктора с.-х. наук А.И. Еськова. Владимир, 2006. 200 с.
2. Концепция рационального использования торфяных болот России / Под общей ред. чл.-корр. РАСХН Л.И. Инишевой. Томск: ЦНТИ, 2005. 97 с.
3. Гармаш Н.Ю., Еськов А.И. Ресурсы и эффективность использования торфа // Агрохимический вестник. № 6. 2004. С. 10-14.
4. Агропромышленный комплекс России в 2004 // МСХ РФ, Федеральное агентство по сельскому хозяйству. М., 2005. 577 с.

Perspective directions use of peat in the agriculture

S.M. Lukin

Perspective directions use of resources of peat in agriculture Russia are considered. Efficiency of various ways of use of peat on fertilizer is shown.

К ВОПРОСУ О ГЕНЕТИЧЕСКОЙ КЛАССИФИКАЦИИ БОЛОТ НА ОСНОВЕ СТЕПЕНИ ТРОФНОСТИ

Г.Л. Макаренко

Тверской государственной технической университет, г. Тверь,
mgl@tvcom.ru

Построение генетической классификации на основе обобщенной модели стадий и этапов развития залежного слоя. Выделены два вида строения залежи: одностадийное (низинный и верховой тип) и двухстадийное (смешанный тип). Каждой разновидности строения присвоен индекс. Произведена оценка относительной встречаемости групп горизонтального контакта перехода торфяной залежи болот из эвтрофной стадии развития в олиготрофную. Разработана формула залежи, отражающая особенности стратиграфии и закономерности состава и природных свойств торфяных отложений.

Работа по выявлению наиболее типичных, часто и закономерно встречающихся стратиграфических единиц, а отсюда и работа по построению стратиграфической классификации торфяных залежей была начата Московским торфяным институтом, первый вариант которой был разработан С.Н. Тюремновым в 1936 – 1937 гг. По этой классификации торфяная залежь изучается по пластообразующим видам торфов, каждый из которых отлагается определенными растительными группировками в соответствующих условиях водно-минерального питания. Эти условия сопровождаются изменением видового состава торфа. Степень участия того или иного вида торфа в формировании залежи определяет ее качественный состав и свойства, а последовательность напластываний торфов – ее видовую и типологическую принадлежность [1]. В настоящее время все разнообразие видов залежей на территории РФ объединено в четыре основных типа: низинный, переходный, смешанный и верховой. Всего выделено около 90 видов залежи [2, стр. 55]. В 2000 году сотрудниками НИЦ ОИГГМ Сибирского отделения РАН для Западной Сибири дополнительно разработана самостоятельная стратиграфическая классификация торфяных залежей, включающая 70 видов строения в составе четырех основных типов [3].

Согласно нашей гипотезе, избыточную увлажненность минеральной геологической среды в наземных условиях, формирование и развитие болото- и торфообразовательного процесса и процесса биогенного рельефообразования обуславливает наличие подвижного горизонта ка-

пиллярной каймы ПГКК [1, 4] (рис. 1). Независимо от рельефа территории подвижность горизонта капиллярной каймы обусловлена наличием градиента напора, который проявляет себя в условиях постоянного изменения уровня природной воды (грунтовой или болотной) вблизи поверхности суши. По мнению автора, ПГКК одновременно связывает условия формирования и условия дальнейшего развития болото- и торфообразовательного процесса. Формирующийся при этом микрорельеф поверхности определен неоднородностью минеральной среды и степенью вертикальной и горизонтальной расчлененности поверхности ПГКК со своими особенностями произрастания болотных растений и последующим развитием залежного слоя за счет биогенного накопления торфяных отложений.

Цель данной работы – совершенствование и развитие геологического аспекта на природу болото- и торфообразовательного процесса.

Исследованию были подвергнуты болота таежной зоны РФ, где сосредоточены основные запасы торфа (Тверская, Псковская и Ленинградская области, Карелия, Западная Сибирь).

Методика исследований

Генетическая классификация торфяных залежей болот построена на основе степени трофности среды торфонакопления в соответствии с обобщенной моделью стадий и этапов развития залежного слоя. В основу предлагаемой классификации положено поэтапное и постадийное развитие слоев залежей на основе соотношения фактического процентного содержания групп эвтрофных (Э) и олиготрофных (О) растительных остатков в составе торфяных отложений (рис. 1) [5].

В общем виде процесс торфонакопления начинается с эвтрофной стадии и завершается олиготрофной. Каждая из стадий делится на два этапа. Нами выделены два вида строения залежи: одностадийное (низинный и верховой тип) и двухстадийное (смешанный тип). Каждой разновидности строения присвоен индекс (рис. 1). В залежах с двухстадийным строением учитываются тип и группа горизонтального контакта перехода залежи из эвтрофной стадии развития в олиготрофную и преобладающая группа растительных остатков в области контакта в составе торфяных отложений [5]. Таким образом, залежный слой болот делится на три типа: низинный, верховой и смешанный (включая 15 разновидностей, каждой из которых присвоен соответствующий индекс строения). Каждый вид строения залежи характеризуется формулой, отражающей особенности стратиграфии и закономерности состава и природных свойств торфяных отложений.

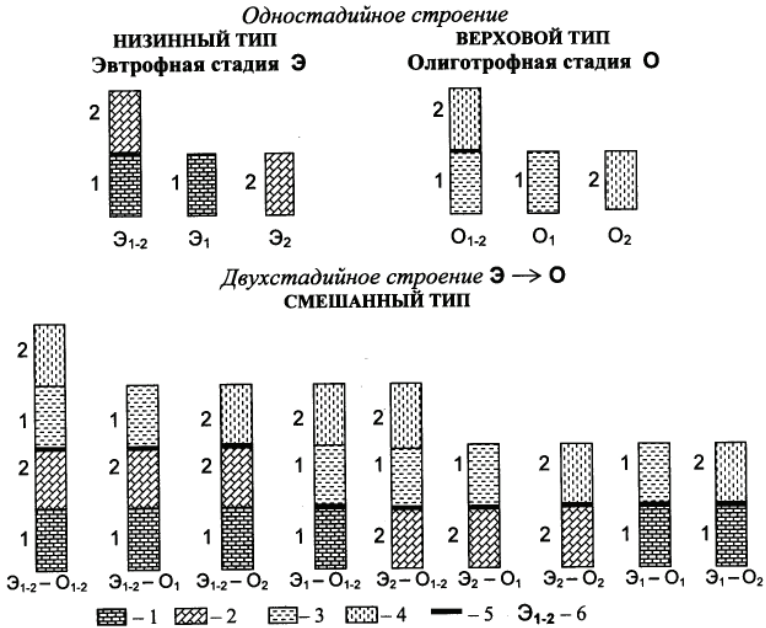


Рис. 1. Генетическая классификация торфяных залежей болот по степени трофности среды торфонакопления. Этапы эвтрофной стадии развития и состав отложений: 1 – первый Э ($\mathcal{E}=100\%$), 2 – второй Э₂ ($\mathcal{E}>0$). Этапы олиготрофной стадии развития и состав отложений: 3 – первый О₁ ($\mathcal{E}<0$), 4 – второй О₂ ($O=100\%$); 5 – горизонтальный контакт перехода торфяной залежи из эвтрофной стадии развития в олиготрофную; 6 – индекс строения залежи

Пример двухстадийного строения залежи:

$$\mathcal{E}_1\text{-}O_{1-2}; C_{\mathcal{E}}\text{-}C_O \frac{O^{36} C_M^{44} R_O^{20}}{\mathcal{E}^{75} C_M^{11} R_{\mathcal{E}}^{14}} \mathcal{E}\text{-}O; (T\text{-}M); \text{pH}; A^d; R; W,$$

где: $\mathcal{E}_1\text{-}O_{1-2}$ – индекс строения торфяной залежи; $C_{\mathcal{E}}$ и C_O – степень торфонакопления по стадиям развития торфяной залежи;

$C_{\mathcal{E}}=h_{\mathcal{E}}/h_{\mathcal{E}}+h_0$; $C_O=h_0/h_{\mathcal{E}}+h_0$ – $h_{\mathcal{E}}$ и h_0 мощность залежи, соответственно, в эвтрофной и олиготрофной стадии развития;

$O^{36} C_M^{44} R_O^{20}$ – относительная встречаемость групп торфяных отложений в олиготрофной стадии развития торфяной залежи (%);

$\text{Э}^{75} \text{СМ} \text{Э}^{11} \text{R} \text{Э}^{14}$ – относительная встречаемость групп торфяных отложений в эвтрофной стадии развития торфяной залежи (%);

Э-О – тип контакта;

(Т-М) – преобладающая группа растительных остатков в контактной области (нижняя часть контакта – травяная, верхняя часть контакта – моховая).

Средние значения показателей торфяных отложений в залежном слое: рН – кислотность; A^d – зольность, %; R – степень разложения, %; W – относительная влажность, %.

Пример одностадийного строения залежи:

$$\text{Э}_{1-2}; \frac{\text{Э}^{68} \text{СМ} \text{Э}^{15} \text{R} \text{Э}^{17}}{\text{Э}_D^{15} \text{Э}_T^{65} \text{Э}_M^{20}} \text{ (T); pH; } A^d; R; W \text{ (двухэтапный)}$$

$$\text{Э}_1; \text{Э}_D^{15} \text{Э}_T^{35} \text{Э}_M^{50}; \text{ (M) pH; } A^d; R; W \text{ (одноэтапный)}$$

Результаты исследований

В процессе исследований была оценена относительная встречаемость разновидностей двухстадийного строения торфяной залежи болот и относительная встречаемость групп горизонтального контакта перехода торфяных месторождений из эвтрофной стадии развития в олиготрофную (рис. 2, 3).

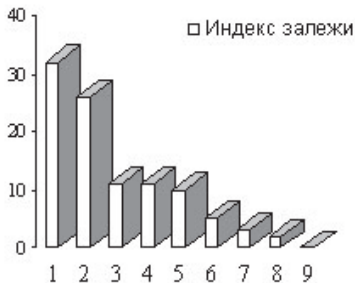


Рис. 2. Относительная встречаемость (%) разновидностей двухстадийного строения торфяных залежей болот.

Индексы строения залежи:

- 1 – Э₂–О₁₋₂, 2 – Э₁₋₂–О₁₋₂, 3 – Э₁₋₂–О₂,
4 – Э₂–О₁, 5 – Э₂–О₂, 6 – Э₁–О₁₋₂,
7 – Э₁₋₂–О₁, 8 – Э₁–О₂, 9 – Э₁–О₁

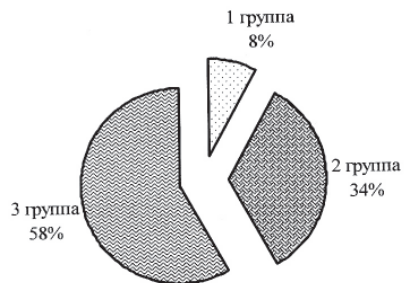


Рис. 3. Относительная встречаемость групп горизонтального контакта перехода торфяных залежей болот из эвтрофной стадии развития в олиготрофную

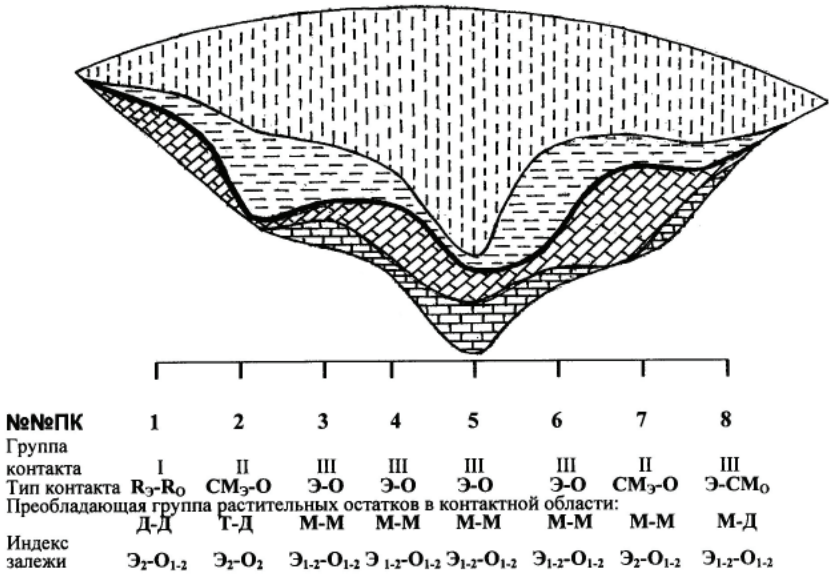


Рис. 4. Пример стратиграфического разреза залежи смешанного типа болота Максимково Лихославльского района Тверской области (расстояние между пикетами 100 м). Группы растительных остатков в контактной области (снизу и сверху): М – моховая, Т – травяная, Д – древесная

Когда отложения нижней части контакта в залежи сложены гумифицированным эвтрофным торфом (R_Э), то контакты относятся к первой группе (R_Э-R₀; R_Э-CM₀; R_Э-O). В том случае, если отложения нижней части контакта в залежи сложены смешанным эвтрофным торфом (CM_Э), то контакты относятся ко второй группе (CM_Э-R₀; CM_Э-CM₀; CM_Э-O). Эвтрофный же торф (Э) в нижней части контакта объединяет контакты в третью группу (Э-R₀; Э-CM₀; Э-O) [5].

На рис. 4 и в таблице на примере болота Максимково Лихославльского района Тверской области представлены: стратиграфический разрез залежи; закономерный характер глубинного распределения общетехнических, агрохимических и физико-химических свойств в соответствии с группами горизонтального контакта-перехода залежи из эвтрофной стадии развития в олиготрофную; осредненная характеристика природных свойств слоев торфяных отложений по стадиям и этапам развития залежи.

Осредненная характеристика слоев торфяных отложений по стадиям и этапам развития торфяной залежи болота Максимково (торфяное месторождение Локотенское) Духовлянского района Тверской области

Общетехнические свойства				Агрехимические свойства, %					Физико-химические свойства, мг-экв/100 г			
A ^d , %	R, %	W, %	pH _c	CaO	MgO	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	S	Ca ²⁺	H ⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺
Второй этап олиготрофной стадии развития O ₂ (объем выборки 67)												
2.4	32	89.9	3.1	0.44	0.20	0.10	0.16	0.12	14.6	10.7	6.3	10.1
Первый этап олиготрофной стадии развития O ₁ (объем выборки 20)												
2.1	27	89.9	3.2	0.79	0.28	0.16	0.16	0.16	27.9	10.5	8.9	9.1
Второй этап эвтрофной стадии развития Э ₂ (объем выборки 26)												
2.9	25	90.4	3.5	1.07	0.29	0.31	0.34	0.24	37.8	4.2	9.1	6.5
Первый этап эвтрофной стадии развития Э ₁ (объем выборки 8)												
6.3	30	88.9	4.0	1.61	0.26	0.48	0.41	0.31	46.7	3.4	10.3	6.4

Литература

1. Тюремнов С.Н. Торфяные месторождения. Изд. 3-е, перераб. и доп. М.: Недра, 1976. 488 с.
2. World Peat Resources: Reference book /V.D. Markov, A.S. Olenin, L.A. Ospennikova & al., Moscow, «Nedra» Publishing House, 1988. 383 p. ISBN 5-247-00330-6
3. Классификация торфов и торфяных залежей Западной Сибири / Р.Г. Матухин, И.П. Васильев и др. Новосибирск: Изд-во СО РАН, НИЦ ОИГГМ, 2000. 90 с.
4. Королев В.А. Связанная вода в горных породах: Новые факты и проблемы. Соровский образовательный журнал, 1996. №9. С. 79 – 85.
5. Макаренко Г.Л. Изучение геологической природы торфяных месторождений на основе степени трофности среды торфонакопления // Изв. вузов. Геология и разведка. М.: РГГРУ, 2006. № 4. С.35 – 39.

To a question of genetic classification of peatbog based on trophicity degree

G.L. Makarenko

Trophicity degree of peat accumulation environment in the peat deposit cover determines eutrophic and oligotrophic types of helads forming peat. The generalized chart was drawn showing development stages of the peat deposit long-fallow layer. The genetic classification and the formula of peat deposits were developed based on it, and patterns of natural properties were revealed.

ОСОБЕННОСТИ ИЗУЧЕНИЯ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ БОЛОТНЫХ ПОЧВ

С.В. Макарычев

Алтайский государственный аграрный университет, г. Барнаул,
makar@asau.ru

В статье излагаются методики исследования теплофизического состояния почв различного генезиса: теплофизических коэффициентов (объемной теплоемкости, температуропроводности и теплопроводности), температуры почвенного профиля и тепловых потоков.

Теплофизическое состояние почв по определению есть комплекс теплофизических коэффициентов (объемная теплоемкость, теплопроводность, теплопроводность и теплоусвояемость), температурных режимов и тепловых потоков в ее генетических горизонтах. Именно тепло и влага определяют интенсивность окислительно-восстановительных реакций, жизнедеятельность почвенных микроорганизмов и формирование корневых систем растений и, в конечном счете, урожай.

Поэтому познание теплофизического состояния почв во взаимосвязи с их генетическими особенностями, характером и степенью естественного увлажнения, уплотнения и аэрации почвенного профиля необходимо как в целях генетической характеристики почв, так и для расчета, оценки и прогноза изменений в гидротермических режимах почвенных горизонтов под влиянием природных и антропогенных воздействий.

Экспериментальное измерение ТФ коэффициентов

Для определения теплофизических коэффициентов почвы в лабораторных условиях была использована автоматизированная система на базе аналого-цифрового преобразователя (АЦП) AD7715 (рис.1).

Исследуемые почвенные образцы имеют форму прямоугольного параллелепипеда размерами 10x10x200 мм³. В центральной части образца размещается источник тепла, а на расстоянии 8-10 мм от него – датчик температуры. В отличие от датчиков температуры, применяемых в установке С.В. Макарычева, нами использован точечный датчик, размещенный непосредственно в толще исследуемого образца.

При исследовании ТФХ почвы в зависимости от температуры образцы помещаются в термокамеру. Автоматизированная система позволяет одновременно измерять теплофизические характеристики восьми почвенных образцов.

По сравнению с другими лабораторными устройствами предлагаемая установка имеет более совершенную систему термостатирования. Основой этой системы является термокамера, представляющая собой сушильный шкаф СНОЛ-3,5 мощностью 2 кВт. Использование сушильного шкафа, а не короба с водяной рубашкой, позволило значительно снизить время термостатирования, которое уменьшилось с 12-20 часов до полутора.

Нагревателем 2 (рис.1) сушильного шкафа управляет силовой ключ 5, реализованный на тиристоре. Тиристор подключен к узлу управления 8, использующего формирование одиночного включающего импульса вблизи перехода сетевого напряжения через ноль. Работой узла управления 8 осуществляет ПЭВМ 9, используя информацию о температуре воздуха внутри шкафа и о температуре в толще почвенного образца.

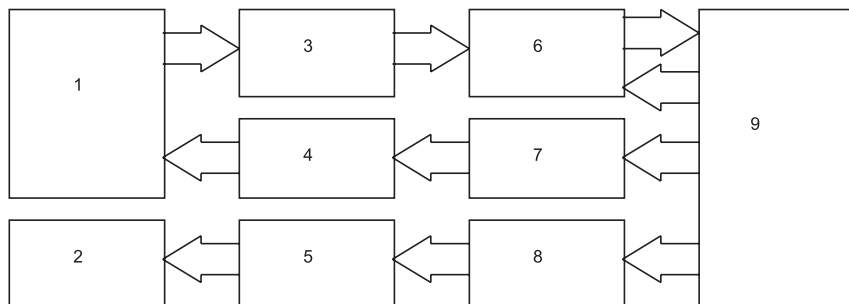


Рис.1 Структурная схема автоматизированной системы для исследования теплофизических характеристик почв: 1-калориметрическая часть, 2-нагреватель термокамеры, 3-коммутатор датчиков температуры, 4-ключи, 5-силовой ключ, 6-АЦП, 7-демультиплексор, 8-узел управления, 9-ПЭВМ.

Принимая во внимание тот факт, что почва является плохим проводником тепла, нагреватель шкафа включен до тех пор, пока температура в толще почвенного образца не начнет увеличиваться, независимо от того, какая при этом будет температура воздуха внутри шкафа. Такой подход управления работой нагревателя термошкафа позволяет еще существенно снизить время термостатирования. При выравнивании температур воздуха внутри шкафа и образца оно завершается. Если при этом температура термостатирования, заданная пользователем, не достигнута, то нагреватель включается снова, и его управление осуществляется в дальнейшем только на основе информации о температуре воздуха внутри шкафа.

Некоторые входные параметры вводятся с клавиатуры компьютера: число исследуемых образцов, номер образца, температура.

Организация эксперимента выглядит следующим образом. В подготовленные почвенные образцы размещаются нагреватели и датчики температуры. При исследовании ТФХ почвы в зависимости от температуры образцы помещаются в термокамеру. Эксперимент начинается с запуска управляющей программы.

После установления постоянной температуры в образце, устройство автоматически измеряет теплофизические характеристики почвенных образцов. Полученные в результате эксперимента значения температуропроводности, теплопроводности и теплоемкости выводятся на экран монитора и сохраняются в файле на жестком диске. Кроме этого регистрируется динамика распространения тепла в исследуемой точке образца.

Определяемые коэффициенты температуропроводности, теплопроводности и теплоемкости находятся как среднее арифметическое показателей измеренных по формулам (1-5) в пятикратной повторности:

$$C_p = \frac{Q}{Sx\tau_m} S_i \left(\frac{Q}{c_H t_m} \right) \quad (1)$$

$$a = \frac{x^2}{\tau_m - \frac{\pi}{4}\tau_H} \left(0,5 + 0,968 \frac{C_H}{Sx C_p} \right) \quad (2)$$

$$a = \frac{x^2}{2\tau_H} \Phi_a \quad (3)$$

$$\lambda = \frac{qx}{\Delta T_m} \Phi'_\lambda \quad (4)$$

$$c_p = \frac{2q\tau_H}{x\Delta T_m} \Phi'_{c_p} \quad (5)$$

где Q – количество теплоты, выделенное нагревателем,
 S_i – интегральный функционал,
 S – площадь нагревателя,
 x – расстояние между датчиком температуры и нагревателем,
 ΔT_m – разность между максимальной и начальной температурами,
 C_H – теплоемкость нагревателя,
 τ_m – время наступления максимума температуры,
 τ_H – время действия нагревателя.

Измерение температуры

Температуру почвы в естественных условиях обычно измеряют ртутными термометрами Саввинова, хотя они имеют недостатки: хрупки и ненадежны, приводят к значительным погрешностям, так как показывают в большей степени собственную температуру, а не температуру почвы.

Для изучения температурных режимов, формирующихся в почвенном профиле, и последующего определения теплотополюсов нами был использован более совершенный почвенный электротермометр, позволяющий измерять температуру верхнего 0-20 см слоя через каждые 5 см.

В отличие от ранее созданных приборов, этот измеритель характеризуется выгодной простотой, значительно экономичнее, имеет меньшие габариты и массу. Указанные преимущества достигаются в основном за счет применения современной элементной базы.

Основой предлагаемого устройства (рис. 2) служит аналого-цифровой преобразователь 2 на микросхеме ICL7106 (Intersil Americas Incorporated, 2001) с жидкокристаллическим индикатором 3. Коммутатор 1, реализованный на мультиплексоре K561КП2, подключает поочередно датчики температуры к АЦП. В качестве параметрических датчиков использованы кремниевые диоды, для которого температурный коэффициент напряжения (ТКН) примерно равен $2 \text{ мВ}/^\circ\text{C}$. Падение напряжения на прямосмещенном диоде при токе (0,1-1) мА имеет величину в пределах (550-650) мВ и линейно уменьшается с ростом температуры. Датчики температуры размещены на текстолитовом стержне диаметром 10 мм и длиной 300 мм через каждые 50 мм. Для питания датчиков использован имеющийся в микросхеме 2 источник опорного напряжения.

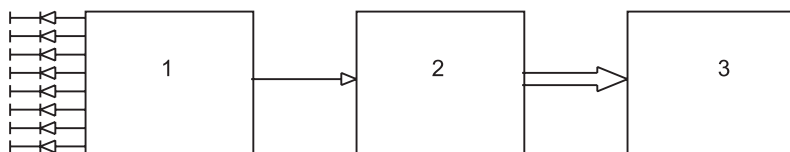


Рис. 2. Структурная схема почвенного электротермометра

С прибором датчики температуры соединены проводниками марки МГТФ, помещенными в экранированную полихлорвиниловую трубку.

Техническая характеристика электротермометра

Диапазон измеряемых температур, $^\circ\text{C}$: от -50 до +100

Разрешающая способность, $^\circ\text{C}$: 0,1

Погрешность измерения, $^\circ\text{C}$ в диапазоне температур $0 \div 60 \text{ }^\circ\text{C}$: 0,2

Рабочая температура корпуса прибора, $^\circ\text{C}$: $10 \div 25$

Потребляемый ток, мА: не более 2

Масса прибора (с элементом питания), кг: 0,2

Термометр позволяет оперативно измерять температуру слоев почвы метровой и двухметровой глубины. Его можно использовать как на пару, так и под различными агроценозами.

Определение потока тепла

Расчет потока тепла в почве основан на использовании данных об изменении температуры почвы с глубиной и во времени при известных теплофизических характеристиках. Если известно, как изменялась температура почвы за некоторый период времени и определена ее объемная теп-

лоемкость, то можно рассчитать количество тепла, которое прошло через поверхность почвы и вызвало данное изменение температуры. Для полного учета нужно рассмотреть весь слой, в котором за данный интервал времени отмечается изменение температуры. Практический метод определения потока тепла в почве основан на учете определенных физических закономерностей измерения ее температуры.

Средний поток тепла в почве за интервал времени между двумя соседними сроками наблюдений рассчитывается по результатам наблюдений над температурой и влажностью почвы по формуле:

$$P_1 = \frac{C_p}{\tau} S_1 \text{ кал}/(\text{см}^2 \text{ мин}) \quad (6)$$

где C_p – объемная теплоемкость; τ – продолжительность интервала (в минутах), для которого находится средний поток P_1 ; S_1 – величина, характеризующая изменение температуры в верхнем 20-см слое почвы за интервал τ .

Средний поток тепла в почве за определенные интервалы времени рассчитывается по формуле (6). В соответствии с установленными для станций сроками наблюдений этот поток вычисляется днем (с 7 до 19 час) за трехчасовые, а ночью (с 19 до 7 час) – за шестичасовые интервалы, т.е. τ составляет 180 или 360 мин.

Величина S_1 вычисляется из уравнения:

$$S_1 = S_0 + S_5 + S_{10} + S_{15} + S_{20}, \quad (7)$$

где $S_0 = 20 \cdot 0,082 \Delta t_0$; $S_5 = 20 \cdot 0,333 \Delta t_5$; $S_{10} = 20 \cdot 0,175 \Delta t_{10}$;
 $S_{15} = 20 \cdot 0,156 \Delta t_{15}$; $S_{20} = 20 \cdot 0,004 \Delta t_{20}$.

Величины Δt_0 , Δt_5 , Δt_{10} , Δt_{15} и Δt_{20} представляют собой разности между соответствующими значениями температуры почвы в последующий и предыдущий сроки наблюдений. Δt_0 – аналогичная разность между температурой поверхности почвы в последующий и предыдущий период; Δt_5 – такая же разность температур на глубине 5 см и т.д.

Для нахождения S_1 надо выполнить следующие операции:

- а) найти разности между значениями температур почвы в последующий и предыдущий сроки (Δt_0 , Δt_5 , Δt_{10} , Δt_{15} и Δt_{20});
- б) по предложенной программе найти величины S_0 , S_5 , S_{10} , S_{15} , S_{20} с помощью компьютера;
- в) сложить полученные произведения.

По этой схеме вычисляется S_1 между всеми сроками наблюдений, т.е. за интервалы 1-7, 7-10, 10-13, 13-16, 16-19 и 19-1 час.

Значения P_1 , рассчитанные по формуле (6), являются средними для интервалов 1-7, 7-10, 10-13, 13-16, 16-19 и 19-1 час. Для определения же потока тепла в почве непосредственно в сроки 1, 7, 10, 13, 16, 19, 1 час необходимо вычислить среднее между потоками за два соседних интервала. Например, для срока 1 час:

$$P = \frac{P_{1(19-1)} + P_{1(1-7)}}{2} \quad (8)$$

Здесь P – поток в срок 1 час, $P_{1(19-1)}$ и $P_{1(1-7)}$ – средние потоки для интервалов 19-1 и 1-7 час.

Построение гидротермических полей

Для обработки полученных экспериментальных данных по температуре и влажности была создана компьютерная программа, написанная на языке LISP на графической платформе AutoCAD. Программа, разработанная С.Ю. Бондаренко, позволяет визуально наблюдать форму температурных и влажностных полей в 3D-режиме и получать данные о любой точке поля (глубина, время, температура или влажность).

Для построения температурного или влажностного поля программа использует метод математического планирования эксперимента (МПЭ). При этом экспериментатор должен четко определить объем и содержание информации, которую необходимо извлечь из экспериментальных данных, а также целесообразность и возможность применения МПЭ для конкретных условий.

Используемые программой методы МПЭ, позволяют одновременно, варьируя несколькими значениями независимых переменных (глубина, время, температура или влажность), на основании опытных и расчетных данных получить математическую модель исследуемых зависимостей: $T=f$ (время; глубина) и $U=f$ (время; глубина).

Истинный характер исследуемой зависимости при используемой для измерений методике не всегда может быть точно определен, но для решения практических задач достаточно найти ее приближенное выражение. Для нахождения этого значения программа использует количественную зависимость в виде полинома второго порядка. При расчете кривой построения, программа выбирает оптимальные значения факторов в пределах области варьирования, что позволяет получить наиболее вероятные значения определяемых параметров.

Для построения промежуточных точек поля программа интегрирует температуру или влажность по полусфере окружающей точку, если она лежит на поверхности, или по сфере, если находится на глубине более дис-

кренности вычислений. Для построения интегралов температур используются функции, описывающие три основных компоненты, формирующие температуру, – теплопроводности, конвекции и лучевой составляющей. Однако, точное аналитическое решение таких интегралов во многих точках невозможно. В таком случае программа использует численные методы аналогичные методу Монте-Карло, который позволяет вычислить значение интеграла как сумму небольшого количества значений подинтегральных функций, выбранных случайным образом.

Изменение некоторых факторов, от которых зависит искомая величина между двумя точками с точно определенными в результате эксперимента данными, носит случайный характер, что, в свою очередь, не позволяет точно предсказать ее величину. Поэтому, какое именно событие произойдет (увеличение или уменьшение величины) в точке ближайшей к «известной», в случае невозможности ее определения, зависит от генератора случайных чисел, использующего сумму коэффициентов трех основных компонент, формирующих температуру. Поскольку вероятность всегда нормирована к единице, сумма этих коэффициентов не должна превышать единицы. Поэтому коэффициент варьирования соответствует диапазону 0-1. Чем больше значение того или иного коэффициента, тем больше вероятность, что произойдет соответствующее ему событие, которое приведет к увеличению или уменьшению этого параметра.

Для корректной работы программы, необходимо иметь достаточно большое количество экспериментальных данных, от числа которых зависит точность построения.

Расчет приборной погрешности измерения теплофизических коэффициентов

Коэффициент объемной теплоемкости рассчитывается по формуле

$$C_p = \kappa_1 \frac{Q}{t_m S x} \quad (9)$$

где $Q = IU\tau_n$, $S = l^2$

В результате логарифмирования и последующего дифференцирования формулы (9) получаем следующее выражение:

$$E_{C_p} = \frac{\Delta C_p}{C_p} \cdot 100\% = \left(\frac{\Delta I}{I} + \frac{\Delta U}{U} + \frac{\Delta \tau_n}{\tau_n} + 2 \frac{\Delta l}{l} + \frac{\Delta t_m}{t_m} + \frac{\Delta x}{x} \right) \cdot 100\% \quad (10)$$

Коэффициент температуропроводности рассчитывается по формуле:

$$a = \kappa_2 \cdot \frac{x^2}{\tau_m - \frac{\pi}{4} \tau_H} \quad (11)$$

При логарифмировании и последующем дифференцировании формулы (11) получим уравнение:

$$E_a = \frac{\Delta a}{a} \cdot 100\% = \left(2 \frac{\Delta x}{x} + \frac{\Delta \tau_m}{\tau_m} + \frac{\Delta \tau_H}{\tau_H} \right) \cdot 100\% \quad (12)$$

Коэффициент теплопроводности рассчитывается по формуле:

$$\lambda = \kappa_3 \frac{qx}{\Delta t_m} \quad (13)$$

В результате логарифмирования и последующего дифференцирования формулы (13) получаем следующее выражение:

$$E_\lambda = \frac{\Delta \lambda}{\lambda} = \left(\frac{\Delta J}{J} + \frac{\Delta U}{U} + \frac{\Delta t}{t} + \frac{\Delta x}{x} \right) \cdot 100\% \quad (14)$$

После подстановки значений измеряемых величин в выражения (10), (12) и (14) получаем:

$$E_{Cp} = \left(\frac{0,005}{0,5} + \frac{0,1}{20} + \frac{0,08}{60} + 2 \frac{0,1}{50} + \frac{0,03}{5} + \frac{0,1}{10} \right) \cdot 100\% = 3,6\%$$

$$E_a = \left(2 \frac{0,1}{10} + \frac{0,08}{60} + \frac{0,08}{150} \right) \cdot 100\% = 2,2\%$$

$$E_\lambda = \left(\frac{0,005}{0,5} + \frac{0,1}{20} + \frac{0,03}{5} + \frac{0,1}{10} \right) \cdot 100\% = 3,1\%$$

Peculiarities of swampy soils thermalphysic condition studies

S.V. Makarychev

The paper deals with research methodology of thermalphysic condition of soils of various genesis: thermalphysic coefficients (volume heat capacity, temperature conductivity and heat conductivity), temperature of soil profile and heat flux.

БИОСФЕРНО-ЛАНДШАФТНАЯ РОЛЬ ТОРФЯНОГО МАССИВА ПРИ АНТРОПОГЕННОЙ НАГРУЗКЕ: ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА, ПРОБЛЕМЫ И РЕШЕНИЯ

А.И. Поздняков*, А.Д. Позднякова**

* Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова,
г. Москва

** Дмитровский филиал ГНИУ ВНИИ сельскохозяйственного
использования мелиорированных земель, г. Дмитров,
antpozdz@bk.ru

В работе рассмотрены четыре группы торфяников, требующих принципиально различных подходов при их мелиорации и адаптивно-ландшафтном земледелии.

Торфяники России резко различаются по многим факторам: ботаническому составу, степени разложения, зольности и мощности торфяной залежи и другим. В сельскохозяйственном производстве как объекты земледелия используются в основном низинные торфа, редко переходные и практически не используются верховые торфа.

Продуктивное использование мелиорированных болот возможно только на основе осушения. Осушительная мелиорация в сочетании с окультуриванием обеспечивает урожай сельскохозяйственных культур. Доля осушаемых земель в настоящее время не превышает 8-20 % от нуждающихся в осушении. Вслед за мелиорацией торфяных массивов и интенсивным сельскохозяйственным использованием наступает «почвоутомление», деградация (потеря органического вещества) и снижение урожаев.

На территории России заболочено 23.9 млн. га (10.1 %) сельскохозяйственных земель. Доля заболоченных пахотных угодий составляет почти 8 % от всей площади пашни. Заболоченные природные кормовые угодья в целом по России занимают 5.9 млн. га (9.9 %). Следует заметить, что под термином заболоченные подразумеваются минеральные и торфяные почвы вместе. Таким образом, все виды оторфованных почв занимают 21.6 % территории России, то есть каждый пятый гектар земельных угодий.

Одним из приемов сдерживания деградации торфяных почв при выращивании овощных культур может быть использование биологизированного земледелия.

Экологическая безопасность мелиорированного торфяно-болотного ландшафта любого региона складывается из множества взаимосвязанных факторов различного свойства и характера. Регламентация факторов эко-

логического воздействия, риска и опасности должна проводиться с учетом их характера, интенсивности, периодичности и других особенностей проявления в конкретных природных условиях.

Многofункциональная роль болот определяет огромную ответственность общества за их рациональное использование. Болота 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. Климатическая функция болот, помимо влияния на состав атмосферы, проявляется в формировании теплового и водного балансов территории. Происходит увеличение влажности воздуха и ослабление степени континентальности климата. Геоморфологическая функция болот проявляется в консервации под слоем торфяников первичных форм рельефа, протекающей одновременно с формированием сглаженных, специфических форм болотной поверхности (обращённого фитогенного рельефа).

Болота обеспечивают сохранение генофонда редких животных, птиц и растений. На неосушенных торфяных болотах произрастают редкие лекарственные растения и ягоды. Таким образом, болотные экосистемы очень важны для сохранения экологического равновесия, как на локальном уровне, так и во всей биосфере.

Как и любую природную систему, болото следует рассматривать с позиций его жизне- и ресурсовоспроизводящих возможностей для человека. Следовательно, начавшееся и имеющее тенденцию к расширению по мере развития производительных сил общества, хозяйственное освоение торфяных ресурсов соприкасается с проблемой обеспечения экологического равновесия в крупнейших заторфованных регионах России. Современная стратегия предусматривает переход от мероприятий по ликвидации неблагоприятных последствий антропогенного воздействия к мерам предупредительного характера. Поэтому, рассматривая роль болот в биосфере с целью обоснования природоохранных мероприятий, следует, прежде всего, оценить её позитивные стороны, а затем – возможности ослабления негативных сторон путём мелиорации, в том числе, при освоении торфяных месторождений.

Рациональное использование торфяных ресурсов предполагает распределение их по эколого-хозяйственным фондам с приоритетностью выделения хозяйственного фонда.

Однако до сих пор нет критериев отбора торфяных месторождений для сохранения их в естественном состоянии. И такое выделение проводится на базе экспертных оценок. В результате мы не имеем охраняемых торфяных месторождений или их участков, если только они не оказываются в пределах особо охраняемых природных территорий (ООПТ).

В настоящее время единого методологического подхода к распределению торфяных ресурсов на эколого-хозяйственные фонды в России не существует.

В основе плана рационального использования торфяных ресурсов России должна быть единая методология, вскрывающая причины заболачивания (в том числе прогрессирующего), объективно отражающая динамику современных болотных процессов и определяющая направления их использования.

По нашему мнению намечаются три уровня в стратегии изучения, охраны и освоения торфяных болот России.

Первый – макроуровень следует из средообразующей роли болотных экосистем, обеспечивающей экологическое равновесие и эволюцию экосистем на значительной территории в течение веков и тысячелетий. На этом уровне предусматривается решение, например, следующих задач: разработки эколого-биосферных моделей болотных регионов, выделения зон экологического риска, прогнозирования и регулирования направлений и интенсивности антропогенного воздействия на экосистемы заболоченных территорий.

Поэтому в основе рационального использования торфяных ресурсов находится состояние водного баланса территории.

Степень мелиоративного воздействия и его последствия с целью разумного природопользования должны быть предварительно оценены на основе теоретического моделирования изменения водного баланса территории в зависимости от таких факторов, как соотношение площади предлагаемых к осушению болот и площади водосбора рек, типа болот, характеристик русловой сети и др.

Конкретные подходы к выделению эколого-хозяйственных фондов определяются степенью заторфованности территории, физико-географическим, болотным районированием, типами торфяных залежей.

Существующий охраняемый фонд – это торфяные месторождения или их участки в границах известных особо охраняемых территорий (заповедников, заказников, зеленых зон городов, научных стационаров и т. д.). Прогнозируемый охраняемый фонд включает дополнительно к существующему торфяные месторождения или их участки, рекомендуемые к сохранению на основе разработанных критериев после проведения научных исследований.

Предлагается учитывать следующие положения для выделения торфяных месторождений, их участков и заболоченных территорий в **охраняемый фонд**:

1. Объекты водоохранного значения:

а) расположенные на водоразделе и являющимися источниками питания мелких рек и крупных озер при среднем межennem расходе 1 литр в секунду и более по основному источнику;

б) при наличии родников, используемых в курортологии, или как источник питьевой воды с дебитом свыше 0.2 литра в секунду;

в) площадью от 1 до 10 га, расположенные на сельскохозяйственных угодьях и от 1 до 30 га в лесах, если они являются регулятором водного режима и источником водного питания фауны;

г) если подстилающий грунт торфяного месторождения и грунт прилегающих территорий сложен из песков, и при осушении невозможно обеспечить необходимый уровень грунтовых вод.

2. Для защиты пойм рек от почвенной эрозии сохраняются характерные месторождения пойменного залегания и месторождения, защищающие сельхозугодья от эрозии (выявляются обследованием).

3. Для сохранения дикорастущих ягод и лекарственных трав резервируются торфяные месторождения:

а) при площади клюквоносных участков 15 % и более от общей площади, среднем годовом урожае клюквы свыше 100 кг с га и общей площади клюквоносного участка более 10 га на одном месторождении;

б) с наибольшим количеством видов и запасов лекарственного сырья сохраняются по 3-4 характерных месторождений в каждом природном регионе (выявляются исследованиями).

4. Для сохранения редких и исчезающих экземпляров фауны и флоры создаются заказники из расчета не менее 2 в каждом природном регионе (определяются на основании исследований).

5. Для научных целей сохраняются месторождения, на которых ведутся научные исследования, и месторождения, уникальные в генетическом, геохимическом планах (по заключению ученых).

6. В рекреационных и санитарно-гигиенических целях запрещается разрабатывать торфяные месторождения на добычу торфа, расположенные у городов с численностью населения от 20 до 100 тыс. человек в зоне 5-10 км и численностью свыше 100 тыс. человек в зоне 10-25 км, при наличии в городе предприятий химической промышленности защитная зона увеличивается на 25 %.

7. Для охотничьих и рыболовных целей сохраняются торфяные месторождения, их участки и заболоченные территории, играющие важную роль в воспроизводстве ценных представителей охотничьей фауны (по предло-

жению комитета по охране природы, администрации, общества охотников и рыболовов).

8. В охраняемый фонд включаются торфяные месторождения и заболоченные территории, используемые перелетными птицами для отдыха и питания во время перелетов (по заключению учёных).

9. Для поддержания равновесия в экологических системах дополнительно резервируются месторождения, их участки и заболоченные территории, если площадь, оставленная в естественном состоянии, по вышеизложенным критериям в каждом природном регионе составляет менее 15 % от общей площади.

10. В охраняемый фонд включаются торфяные месторождения, находящиеся на территории особо охраняемых природных территорий.

11. В охраняемый фонд включаются торфяные месторождения и заболоченные территории, соответствующие критериям международной значимости, представляющие собой уникальные для данной территории водно-болотные угодья (по заключению ученых).

12. В зонах широкого развития осушительных работ в охраняемый фонд включаются не менее 40-50 % площади оставшихся болот и все олиготрофные болота, расположенные на водоразделе.

Земельный фонд. Некоторые месторождения наиболее эффективно могут быть использованы после осушения как сельхозугодья (пашни, пастбища, сенокосы) или для лесоразведения. Опыт показал, что в этом направлении наилучшие результаты получены на месторождениях низинного и переходного типа.

В качестве сельхозугодий целесообразно выделять месторождения, расположенные в зоне, перспективной для развития сельского хозяйства. Лесной фонд может составлять отдалённые, более заболоченные и с большей мощностью торфяной залежи месторождения.

К объектам земельного фонда будем относить:

1) мелкозалежные месторождения торфа, в которых средняя глубина не превышает 1.3 м;

2) высокозольные торфяные месторождения (зольность более 35 %), с содержанием в залежи железа более 3 %;

3) торфяные месторождения низинного и переходного типов на территориях, планируемых под лесопользование.

Неиспользуемый или резервный фонд включает в себя торфяные месторождения и заболоченные территории, направление использования которых не определено или которые по каким-либо причинам в настоящее время не используются.

Торфяные земли, как уникальные природные образования, легко ранимы и изначально требуют к себе отличного от минеральных почв подхода при их эксплуатации.

Степень изменения экосистем при формировании мелиоративных агроландшафтов определяется качеством проведения мелиоративных работ, сроком их эксплуатации и спецификой использования в сельскохозяйственном производстве, что напрямую влияет на уровень плодородия органогенных почв. Являясь достаточно неустойчивыми и склонными к деградации природными образованиями, торфяные почвы требуют разработки таких систем земледелия, которые могли бы максимально долго сохранять экологическое равновесие, предотвращали бы сработку органогенного слоя, т.е. обеспечивали бы устойчивость мелиоративного агроландшафта и сводили бы к минимуму негативные последствия антропогенного воздействия.

Ниже приведена ландшафтно-мелиоративная характеристика торфяных земель, которые сформировались на различных системах болот с единым гидрологическим режимом. Нами выделены два типа агроландшафтов, резко отличающихся по ботаническому составу и агрономической ценности органогенного материала. Это разнотравно-древесные ассоциации торфов и мохово-разнотравные торфа. Их специфические различия диктуют несколько различные подходы к формированию адаптивных систем земледелия.

На основе типового подразделения выделено четыре крупные основные группы торфяников, требующих принципиально различных подходов при их мелиорации и адаптивно-ландшафтном земледелии:

1А. Низинные лесные, лесотопяные и травяные группы топяных залежей.

1Б. Низинные моховые и травяно-моховая группы.

2А. Переходные торфяники лесного типа в целом и древесно-травяная группа лесотопяного типа, травяная (осоковая) группа топяного типа.

2Б. Древесно-моховая, травяно-моховая и моховая группы.

В классификации предполагается использование различий в свойствах разных ассоциаций древесно-травяных торфов и мохово-травяных. Особенно важно резкое различие в податливости этих групп к деградации (сработке) торфяников. Эти группы торфяников также резко различаются по зольности и запасам питательных веществ, исходной степени разложения и гумифицированности, следовательно, и по плодородию.

Группа А – различные ассоциации древесных торфов – более богата исходным плодородием. Б – группа (моховые) более обеднена. Так, в древесных торфяниках группы 1А торф хорошо гумифицирован, содержание гуминовых веществ до 40-50 %, а Б – группы (моховых) – лишь 10-20 %. Причем, здесь увеличивается содержание фульвокислот, целлюлоз, гемицеллюлоз, воскоsmол и лигнина. Зольность в группах А (древесных) больше 10 % и может достигать 20 %. Наибольшей степенью разложения в естественном состоянии обладают торфяники А- группы, до 50 %.

Регламентировать при мелиорации, освоении и использовании торфяных болот с адаптивно – земледельческими целями и учетом географического фактора можно следующим образом:

1. Группы 1А и 2А при мощности больше 1.3 м и степенью разложения более 35-40 % можно использовать под зерновые культуры, а при степени разложения 45-50 % – под пропашные культуры, т.е. использовать под все культуры и, следовательно, глубоко мелиорировать с нормой осушения не менее 80 – 120 см.

2. Группы Б1 и Б2 мощностью более 1.3 м и степенью разложения больше 35 % в северных, северо-западных и восточных регионах можно использовать в севооборотах с зерновыми, при степени разложения более 45 % – с пропашными культурами. Для этих же групп в центральных, южных и юго-западных районах рекомендуется после мелиорации залужение.

3. Группы А не подлежат освоению, если мощность торфяной залежи менее 0.7 м. При степени разложения менее 35 % освоение возможно для лесоразведения.

Остальные мелкозалежные торфяники группы 1А подлежат освоению с обязательным залужением.

4. Группы 2А, 2Б и 1Б с мощностью менее 0.7 м. не подлежат освоению в качестве с/х угодий. Возможно только освоение их для лесоразведения. Для торфяников группы 1Б, 2Б и 2А мощностью 0.7-1.3 м требуется обязательное залужение.

5. Группа 2Б менее 1,3 м мощности и меньше 20 % степени разложения в центральных южных и юго-западных районах не подлежат освоению вообще.

Анализ отечественной и зарубежной научной литературы, анализ накопленных экспериментальных материалов для низинных торфяников Яхромской поймы, необходимых при подборе наиболее приемлемых для современного хозяйства элементов адаптивных систем земледелия, позволил вычленил наиболее экономичные и экологически чистые системы земледелия.

Наиболее приемлемые рекомендованы в производство для низинных торфяников в пределах отдельных хозяйств Яхромской поймы. Проведены разработки по отдельным направлениям: системам обработок почвы, системам удобрений, севооборотам, системам защиты растений на торфяных мелиорированных почвах низинного типа.

Адаптированные системы земледелия на мелиорированных торфяных почвах низинного типа с учетом всего комплекса факторов предлагаются на самом низком таксономическом уровне. Разрабатываются и регламентируются элементы систем земледелия на торфяных почвах обязательно с учетом ботанического состава торфа.

Для исключения деградационного, экологически опасного использования торфяных земель регламентированы параметры основных элементов систем земледелия на органогенных почвах.

Наиболее общие рекомендации при использовании торфяных почв следующие:

- исключение чистых паров;
- использование пропашных культур не более 3-х лет подряд;
- включение в севообороты посевов многолетних трав.

Севообороты разработаны с учетом биологических особенностей органического вещества торфяной залежи, ее мощности, степени разложения, климатических условий, агротехники возделывания сельскохозяйственных культур.

Хорошо окультуренные, прошедшие первую стадию осадки и трансформации, торфяные почвы после периода экстенсивного земледелия с высокой долей в севообороте трав рекомендуется включать в интенсивную систему земледелия, т.е. насыщать севообороты пропашными и овощными культурами.

При наличии деградационных процессов площади торфяных земель после интенсивных систем земледелия необходимо переводить на экстенсивные для восстановления утраченного плодородия.

Нами предложены различные варианты севооборотов для адаптивно-ландшафтных систем земледелия на торфяных землях с учетом их практической необходимости, специализации хозяйств, степени и норм осушения, типа почв и пригодности их под те или иные культуры.

Предложена система основных обработок торфяных почв в севообороте с разработкой технологических карт для основных сельскохозяйственных культур, выращиваемых на торфяных почвах.

Разработана также система удобрений, учитывающая специфику почвообразовательных процессов в органогенных почвах и особенности сельскохозяйственных культур, сезонную динамику основных элементов питания культур, обеспеченность микроэлементами торфяных почв, биологическую активность в пахотном слое.

Агрономическая оценка торфяного массива как угодья внутри выделенных групп торфяников должна проводиться по следующим показателям: 1) степень разложения торфа; 2) содержание N, P, K; 3) состав органического вещества; 4) реакция среды; 5) физические свойства.

Степень разложения торфа определяет большой комплекс агроэкологически важных свойств и взаимосвязи со всеми свойствами торфяной почвы, поэтому в значительной мере определяет агроэкологическую безопасность их сельскохозяйственного использования.

По степени разложения торфяники можно распределить в ряд по ее уменьшению: 1А, 2А, 1Б, 2Б. В этом же направлении снижается содержание гумифицированных веществ, в том числе и гуминовых кислот, возрастает содержание фульвокислот, особенно в моховых ассоциациях, увеличивается в этом ряду и содержание целлюлоз, гемицеллюлоз, лигнина и воскосмол.

Наиболее устойчивы к деградации торфяники группы 1А (древесные и древесно-разнотравные торфа), поэтому они наиболее перспективны для сельскохозяйственного использования. На них возможно применение типовой модели системы земледелия при мощности торфяной залежи более 60-80 см, темпах сработки торфа не более 0.5-0.6 см в год, нарастания 0.02 г/куб.см. объемной массы и 0.05 % зольности. Если темпы изменения этих показателей выше, то имеет место деградация торфяника и экологически необоснованное его использование.

Торфа группы 1Б и 2Б, т.е. гипновые, осоково-гипновые и другие торфа с высоким содержанием моховых ассоциаций требуют корректировки типовой модели системы земледелия в сторону насыщения севооборотов травами до 80 % и в некоторых случаях полного залужения для обеспечения противодеградационных процессов на торфяниках. Но и в этом случае мощность торфяного слоя должна превышать 0.5 м, тогда как при меньшей мощности торфяного слоя любое сельскохозяйственное использование торфяников, даже в качестве сенокосов и пастбищ под многолетними травами не сбережет его от быстрой и полной минерализации. Многолетние травы могут продлить жизнь торфяника только на почвах с более мощной залежью, при условии регулирования водного режима и интенсивного применения удобрений.

Сбалансированное, малодеградационное использование торфяных почв с нормативными изменениями показателей окультуренности почв возможно при правильном использовании севооборотов в каждом конкретном регионе на определенном виде торфа.

Основные площади торфяных почв независимо от направленности хозяйства наиболее целесообразно занимать под многолетние травы, но доля многолетних трав в севооборотах в разных регионах может быть разной. Так, для торфов группы 1А центральной области и южной подзоны в овощных, полевых, овоще-кормовых севооборотах доля трав может быть 30-40 %, на Севере в овоще-кормовых и кормовых севооборотах – 65-80 %, на Северо-западе в лугово-кормовых севооборотах – 65-80 %, а на Востоке в полевых, овоще-кормовых севооборотах – 40-55 %. Для пойменных высокозольных торфяников наиболее приемлемы овощные, овоще-кормовые и пропашные севообороты, где долю многолетних трав позволительно снизить до 30-40 %.

Таким образом, экологически безопасная эволюция торфяных почв, используемых в сельскохозяйственном производстве, может быть достигнута только определенной системой земледелия, включающей специфические бездеградационные севообороты, системы удобрений и обработок. Они, в свою очередь, напрямую связаны с географическим местоположением ландшафта, включающего в себя торфяные месторождения, и с целым комплексом геологических, исторических, климатических, биологических особенностей каждого конкретного региона.

Biosphere-landscape role of the peat file at anthropogenous loading: the theory and practice, problems and decisions

A.I. Pozdnjakov, A.D. Pozdnjakova

In work four groups of the turbaries demanding essentially various approaches at their land improvement and adaptive – landscape agriculture are considered.

БОЛОТНЫЕ ЗЕМЛИ И КЛАССИФИКАЦИЯ СОСТАВЛЯЮЩИХ ИХ ПОЧВ

В.А. Хмелев*, В.К. Каличкин**

*Институт почвоведения и агрохимии СО РАН, г. Новосибирск

**Сибирский НИИ земледелия и химизации СО РАСХН, г. Новосибирск,
kvk@ngs.ru

Определено, что классификация болотных почв требует дальнейшего совершенствования. Предложено к торфяно-болотным почвам относить такие почвы, мощность торфяной залежи в которых не менее 50 см. В зависимости от типа болот торфяно-болотные почвы должны соответственно подразделяться на типы: низинные, переходные и верховые, подтипы – по мощности торфяной залежи, роды – по ее ботаническому составу. Виды болотных почв должны отражать химический (агрохимический) состав торфяной залежи.

Болотные земли чаще всего понимаются как избыточно увлажненный участок (или массив) земной поверхности, занятый специфической (болотной) растительностью и имеющий слой торфа мощностью не менее

30 см. При меньшей мощности торфяного слоя (торфяной залежи) или при его отсутствии избыточно увлажненный участок или массив относится к заболоченным землям. Считается также, что болотные земли возникают путем зарастания водоемов (озер, стариц и т.п.), а также при застое вод в депрессивных формах поверхности или при выходе на поверхность почвенно-грунтовых вод.

Основной первопричиной появления и развития болотных земель служит такой абиотический фактор, как обильная увлажненность (длительная или постоянная) исходных почв или грунтов определенных участков (или массивов), приуроченных, как правило, к депрессивным формам рельефа, в которых начинаются процессы торфообразования, а затем и торфонакопления.

Экспансия (или трансгрессия) болот на суходолы сопровождается усилением общей олиготрофикации территории и трансформацией земель – переходом их из автоморфного состояния в гидроморфное. При заболачивании суходольных (автоморфных) земель изменяется не только состав растительного покрова (в частности, в напочвенном покрове все в большей мере увеличивается доля гипновых мхов), но происходит и перестройка строения профиля почв [1, 2]. Так, по мере развития заболачивания исходно автоморфных почв таежной зоны их верхний органо-аккумулятивный (или гумусово-аккумулятивный) горизонт со временем трансформируется в тиксотропно-глеевый, с постепенным увеличением на поверхности почв мощности подстилки, а затем и торфяной залежи. При этом формирующийся органогенный (торфяной) слой при заболачивании все более обедняется минеральными элементами и подкисляется, что в свою очередь вызывает последовательную сукцессию растительных ассоциаций и смену одного вида торфа другим. Значительно трансформируются при заболачивании и иллювиальные горизонты почв и не столько за счет меньшего поступления в них органо-минеральных веществ, сколько за счет увеличения в этом горизонте окристаллизованных форм соединений железа и ортштейновых новообразований. Со временем иллювиальный горизонт исходно автоморфных почв трансформируется в горизонт ортзанда, который отличается большой влагоемкостью, высокой набухаемостью и, как следствие, практически водонепроницаемостью. Происходит явная деградация исходно автоморфных почв при заболачивании.

По мере развития процесса заболачивания почвы все более обедняются элементами питания для растений. Поэтому на заболачивающихся почвах все большее участие в растительном покрове принимают менее требовательные к минеральному питанию растения – сфагновые мхи и сопутствующие им низкорослая сосна и кустарнички. В процессе дальнейшего развития болотообразования сукцессии растительных сообществ

проявляются в основном в смене видов сфагновых мхов, сопровождаемой заметным увеличением мощности торфяной залежи. Однако увеличение мощности этой залежи на стадии сфагнуво-верховых болот не совершается до бесконечности. Со временем сфагновые мхи, даже их менее требовательные к минеральному питанию виды, начинают все в большей степени испытывать недостаток в питании. Это вызывает угнетение роста мхов и, как следствие, ослабление торфонакопления в ареале верховых болот. В растительности сфагновых верховых болот появляются печоночники, лишайники и водоросли. Начинает разрушаться покров сфагновых мхов и верховое болото вступает в дистрофную стадию, сопровождающуюся усилением обводненности поверхности верховых болот. При этом образуются грядово-мочажинные комплексы, которые в свою очередь эволюционируют в грядово-озерковые, а затем и в грядово-озерные [3, 4]. Повышающийся уровень воды в озерах со временем приводит к затоплению низких гряд и объединению озерков и мелких озер в более крупные озера, бортами которых служат высокие гряды и участки торфяной залежи, где еще продолжается относительно устойчивое торфонакопление.

Причины образования и динамики грядово-мочажинных и грядово-озерковых комплексов достаточно разнообразны. Поэтому нередко при усиливающейся обводненности верховых болот на месте мочажин появляются топи, а среди массивов низинных болот возникают рямы округлой или эллипсоидной формы. Причем, превышение центральных, наиболее выпуклых участков рямов над их окаймлениями часто достигает 5-7 м, и к ним иногда примыкают озера.

Любой болотный массив (или массив болотных земель) состоит из определенных почв, ареалы которых образуют ту или иную структуру почвенного покрова каждого конкретного массива болотных земель. Именно болотные почвы и в целом почвенный покров болотных земель является непосредственным объектом хозяйственного освоения, в том числе и посредством гидромелиорации. В связи с этим представляется важным рассмотреть существующие определения болотных почв.

В нашей стране наибольшее распространение получило понятие о болотных почвах, которое предложила И.Н. Скрынникова [5]. Согласно ее определения болотные почвы – это верхний слой торфа (на глубину распространения основной массы корней растений), который периодически подвергается аэрации и в котором совершаются как процессы разложения растительного опада, так и процессы образования (синтеза) высокомолекулярных органических веществ. Слои торфа, залегающие ниже слоя развития живых корней и глубже наиболее низкого уровня почвенно-грунтовых вод, по мнению И.Н. Скрынниковой, нельзя называть почвой, поскольку якобы торф находится здесь в законсервированном (биологически в мало-

активном или неактивном) состоянии; в связи с затуханием биологической активности в нижних слоях торфяной залежи болотных почв эти слои пре-вращаются в органогенную породу.

Такое определение болотной почвы базируется на представлениях ботаников о деятельном и инертном слоях торфяной залежи, целесообразность выделения которых была обоснована К.Е. Ивановым [6] и В.Д. Лопатиным [7]. Мощность деятельного слоя в торфяной залежи соответствует, по представлениям этих исследователей, глубине залегания минимального уровня болотных вод в среднемноголетнем цикле. В последующее время к деятельному слою торфяной залежи было предложено относить верхний ее горизонт, в котором процессы влаго- и теплообмена с окружающей средой протекают наиболее активно [8].

Из приведенных определений болотных почв и деятельного слоя торфяной залежи следует, что эти два понятия являются в принципе тождественными. Если же понимать болотную почву с позиций мелиоративного освоения земель, то совершенно очевидно, что профиль болотной почвы ограничивать только деятельным слоем торфяной залежи также нельзя, как нельзя ограничивать почвенный профиль автоморфных минеральных почв лишь их верхним, наиболее “деятельным” горизонтом – органо-аккумулятивным или гумусово-аккумулятивным. Кроме того, так называемый инертный слой торфяной залежи болотных почв (или их “органогенная порода”) вовсе не является инертным, т.е. не находится в постоянно неизменном состоянии. Следует учесть также, что при использовании осушенных торфяных почв (исходно болотных) в качестве сельхозугодий, особенно пахотных, верхний деятельный слой их торфяной залежи сравнительно или довольно быстро “срабатывается” в результате усиливающейся минерализации органического вещества, и, так называемый, инертный слой торфяной залежи трансформируется в органо-деятельный.

Если обратиться к “Толковому словарю по почвоведению” [9], то в нем приводится следующее определение болотным почвам: “Болотные почвы – группа почв, формирующихся в условиях избыточного увлажнения поверхностными или грунтовыми водами под специфической влаголюбивой растительностью. Профиль болотных почв сверху начинается торфяным почвенным горизонтом, который подстилается органогенной породой – торфом, представляющим собой погребенные и законсервированные почвенные горизонты” (стр. 29).

Первая часть приведенного определения явно относится к большой группе почв – как к гидроморфным и полугидроморфным, так и к временно переувлажняемым, т.е. не обязательно принадлежащим болотным почвам. Вторая же часть определения, по своей сути близкая к определению

И.Н. Скрынниковой, разделяет торфяную залежь на “почву – деятельный слой” и на “органогенную породу – торф”.

Таким образом, общепринятые определения понятия “болотная почва” недостаточно полно отражают, по нашему мнению, как генетико-эволюционные и субстантивно-функциональные особенности, так и эколого-хозяйственное своеобразие болотных почвенных образований. Поэтому мы убеждены в том, что под болотной почвой следует понимать всю толщу торфяной залежи, превышающую 30 см (при меньшей ее мощности – это заболоченные почвы), и верхний слой подстилающего залежь минерального грунта, как это было предложено В.К. Бахновым [10]. Такое понимание болотных почв особенно важно, когда они рассматриваются как объект гидромелиораций, а также при выяснении историко-эволюционного развития и определении их генетико-классификационной принадлежности. Очевидно, что болотные почвы – это почвы, формирующиеся в условиях длительного или постоянного переувлажнения под влаголюбивой (болотной) растительностью и отличающиеся от других почвенных образований торфяной залежью, превышающей 30 см и подстилаемой различной по литологии минеральной толщей, верхняя часть которой, как правило, оглеена. Следовательно, органогенная и минеральная часть болотных почв – субстантивно-функциональная система, представляющая собой генетически единый почвенный профиль.

Общепринятые понятия о болотных почвах, как о “деятельном слое торфяной залежи”, соответствующим образом отразились и при разработке классификации этих почв. Если обратиться к классификации болотных почв, предложенной И.Н. Скрынниковой [11], становится понятным, почему, например, выделены такие виды болотных почв, как торфяные на мелких, средних или на глубоких торфах. Кроме того, если заиленный род в типе низинных болотных почв понять еще можно (верхняя часть этих почв обогащается минеральными частицами в случае расположения их в речных долинах или в логах и балках), то выделение в типе верховых болотных почв гумусово-железистого рода вызывает, по меньшей мере, сомнение, поскольку обогащение торфяной залежи этих почв происходит иногда только железом.

Нечеткими оказались принципы выделения вида торфяных болотных почв – учитывается не только мощность торфяной залежи, но и степень разложения торфа в верхней ее части, в связи с чем получается путаная номенклатура вида. К примеру, по мощности торфяной залежи, равной 30-50 см, вид определяется как типичный, а при степени разложения торфа в этом слое, составляющий, например, менее 25 %, вид одновременно определяется как торфяной.

Следует сказать и о том, что в классификации болотных почв почему-то отсутствует тип почв переходных (смешанных) болот. Однако главное,

с чем нельзя согласиться при классификационном членении болотных почв, руководствуясь классификационной схемой И.Н. Скрынниковой, заключается в том, что к болотным почвам должны быть отнесены (на уровне маломощных видов) и почвы, имеющие торфяную залежь менее 30 см. Во-первых, такой подход противоречит самому понятию о болотных почвах, а потому торфяные маломощные почвы следует относить не к болотным, а к заболоченным (полугидроморфным). Во-вторых, отнесение торфяных маломощных почв к болотным не соответствует стадийности эволюционного развития болотообразовательного процесса, поскольку почвы с маломощной торфяной залежью соответствуют начальному этапу заболачивания и, следовательно, такие почвы, относящиеся по гидрологическому режиму к полугидроморфным, представляют собой переходную эволюционно-генетическую группу почвенных образований – от автоморфных к гидроморфным (какими, например, являются болотно-подзолистые почвы). В-третьих, четкое разделение болотных и заболоченных почв имеет и большое хозяйственное значение, особенно при гидромелиоративном их освоении.

Согласно последнего варианта классификации почв России [12], почвы, профиль которых имеет слой торфа мощностью более 50 см, отнесены к торфяным на уровне отдела особого ствола органогенных почв. Типы торфяных почв выделяются в зависимости от состава и характера торфа. В частности, для условий таежной зоны России обосновывается выделение двух типов органогенных почв: торфяные олиготрофные (верховые торфяники) и торфяные эутрофные (низинные торфяники). Эти типы торфяных почв разделяются на подтипы по степени разложения торфа, наличию в профиле глеевой минеральной толщи или прослоек минерального материала в торфяной залежи. Так, в типе верховых торфяников выделены следующие подтипы: типичные, с мощностью торфяной залежи более 1 м и с признаками, соответствующими диагностике типа; торфяно-глеевые, когда торфяная залежь подстилается глеевой минеральной толщиной на глубине от 50 до 100 см; деструктивные, характеризующиеся оземляющимся и разрушающимся верхним слоем торфяной залежи вследствие ее нарастания и отрыва корнеобитаемой зоны от грунтовых вод (что может происходить и при мерзлотном вспучивании с образованием торфяных бугров, а также по другим причинам); слоисто-аллювиальные, отличающиеся наличием в торфяной залежи минеральных прослоев речного аллювия. В типе низинных торфяников подтипы выделяются также по степени разложения органического вещества торфяной залежи, по наличию в профиле глеевой минеральной толщи и прослоек минерального материала в торфяной залежи.

Тип низинных торфяников (или торфяных эутрофных почв) разделяется на следующие подтипы: типичные, торфяно-глеевые, перегнойно-торфяные (при высокой степени разложения торфа – 35-45 %, что визуаль-

но наблюдается по коричневому, темно-серому и иногда черному цвету), а также слоисто-аллювиальные.

В “Классификации почв России” [12] выделен отдел агроторфяных почв (торфоземов) В этот отдел отнесены почвы освоенных торфяников (обычно осушенных), которые характеризуются верхним агрогенно-преобразованным горизонтом торфяной залежи, с общей мощностью более 50 см. Типы агроторфяных почв выделяются по особенностям строения агрогенно-преобразованного горизонта и наличию в пределах профиля подстилающей минеральной толщи, но главное, по трофности (происхождению) торфяной залежи. В общем выделено 3 типа агроторфяных почв (торфоземов): 1) агроторфяные олиготрофные; 2) агроторфяные эутрофные; 3) агроторфяно-минеральные. Последний тип торфоземов отличается значительным преобразованием верхнего слоя торфяной залежи за счет длительного и регулярного глинования или пескования, в связи с чем содержание органического вещества в верхнем слое составляет менее 35 % от его массы.

Подтипы агроторфяных почв выделяются по наличию и характеру минеральной примеси в агрогенно-преобразованном слое (для первых двух типов), а также по особенностям подстилающей минеральной толщи, в том числе появляющимися в ней в результате хозяйственной деятельности.

Несмотря на определенный прогресс, который проявился в последнем варианте классификации почв России, все же следует признать, что при классификации болотных (органогенно-гидроморфных) почв отсутствует четкая внутренняя логика в последовательном разделении этих почв на таксономические ранги, которая присуща, например, классификации торфов. На наш взгляд, при классификации торфяно-болотных почв очень важно учитывать, прежде всего, мощность торфяной залежи, что позволит достаточно объективно разделить типы болотных почв (низинные, переходные и верховые) на подтипы: на торфяно-минеральные, торфяные и торфяники. Так, к подтипу торфяно-минеральных относятся болотные почвы с мощностью торфяной залежи от 30 (50) до 100 см; к подтипу торфяных – почвы с торфяной залежью, мощность которой варьирует от 100 до 200 см; к подтипу торфяников – почвы, в которых мощность торфяной залежи превышает 2 м. Торфяники по мощности торфяной залежи с хозяйственной точки зрения целесообразно разделять на маломощные (торфяная залежь 2-2.5 м), среднемощные (2.5-3.5 м), мощные (3.5-5 м) и сверхмощные (более 5 м).

При классификации торфяных болотных почв не менее важно учитывать (на уровне рода) и ботанический состав торфяной залежи, поскольку он является одним из основных показателей агрохимических свойств этой залежи. Немаловажно учитывать и такие показатели, как степень разложения (R), зольность (A) и реакция среды (pH) торфа. Болотные торфяные

почвы по показателю R разделяются на торфяные почвы со слаборазложившимся торфом ($R < 25\%$), со среднеразложившимся ($R = 20-45\%$) и с сильноразложившимся торфом ($R > 45\%$). Нормальная (так называемая конституционная) зольность торфов верховых (олиготрофных) болотных почв обычно не превышает 4 %; для торфов переходного типа – 4-6 %; для низинного типа – 6-12 %. Однако широко распространены торфяные почвы, в которых высокая зольность торфяной залежи обусловлена аллювиальными и делювиальными процессами или за счет карбонатов грунтовых вод. Увеличение зольности торфяной залежи болотных почв происходит и вследствие процессов окисления и осаждения железа, поступающего с напорными болотно-грунтовыми водами, в таких случаях образуются ожелезненные торфяники. Высокая зольность торфяных залежей обуславливается и вивианитом $[\text{Fe}_2(\text{PO}_4)_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}]$; при этом выделяются вивианитовые торфа (или торфяные почвы), когда вивианитового фосфора содержится от 0.5 до 2.5 %, и торфовивианиты при содержании в торфе P_2O_5 от 2.5 до 15 %. В зависимости от геохимической обстановки болотные торфяные почвы могут быть кислыми, нейтральными и щелочными.

Таким образом, классификация торфяно-болотных почв требует дальнейшей проработки. По крайней мере, вполне очевидно, что к таким почвенным образованиям должны быть отнесены торфяные почвы, мощность торфяной залежи в которых не менее 30 см, а согласно последнего варианта классификации почв России, не менее 50 см. Несомненно также, что в зависимости от типа болот, торфяно-болотные почвы должны соответственно подразделяться на типы: низинные, переходные и верховые. В свою очередь подтипы торфяно-болотных почв выделяются по мощности торфяной залежи, а роды – по ботаническому составу этой залежи. Виды же торфяных почв должны отражать химический (агрохимический) состав торфяной залежи, обусловленный особенностями геохимической ситуации.

Литература

1. Пологова Н.Н. Сопряженные ряды почв заболоченных ландшафтов. Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1992. 168 с.
2. Пологова Н.Н., Дюкарев А.Г. Автономное заболачивание кедровых лесов Западной Сибири // Болота и заболоченные леса в свете задач устойчивого природопользования: Мат. конф. М.: ГЕОС, 1999. С. 79-82.
3. Ниценко А.А. О происхождении грядово-мочажинного рельефа на болотах // Вестн. ЛГУ. Сер. биол. 1964. Вып. 4. № 21. С. 75-87.
4. Ниценко А.А. Краткий курс болотоведения. М.: Высшая школа, 1967. 148 с.

5. Скрынникова И.Н. К вопросу об истории исследования, принципах классификации и систематики болотных почв СССР // Почвоведение. 1954. № 4. С. 37-50.
6. Иванов К.Е. О фильтрации в поверхностном слое выпуклых болотных массивов // Метеорология и гидрология. 1948. № 2. С. 46-59.
7. Лопатин В.Д. Очерк растительности “Гладкого” болота // Учен. зап. ЛГУ. Сер. географ. наук. 1949. № 104. Вып. 5. С. 44-53.
8. Романов В.В. Гидрофизика болот. Л.: Гидрометеиздат, 1961. 359 с.
9. Толковый словарь по почвоведению. М.: Наука, 1975. 179 с.
10. Бахнов В.К. Биохимические аспекты болотообразовательного процесса. Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1986. 193 с.
11. Скрынникова И.Н. Торфяные болотные почвы // Классификация и диагностика почв СССР. М.: Колос, 1977. С. 161-174.
12. Классификация почв России/Составители: Л.Л. Шишов, В.Д. Тонконогов, И.И. Лебедева. М.: Почвен. ин-т им. В.В. Докучаева РАСХН, 1997. 236 с.

The marsh grounds and classification of them soils

V.A. Hmelev, V.K. Kalichkin

It is determined, that classification marsh soils demands the further perfection. It is offered to peat-bog soils to carry such ground, capacity of a peat deposit in which not less than 50 sm. On type of bogs peat soils ground should be subdivided into types accordingly: forest fen, transitive and riding, subtypes – on capacity of a peat deposit, sort – on its her botanical structure. Kinds bog soils should reflect chemical (agrochemistry) structure of a peat deposit.

ПРОБЛЕМЫ КЛАССИФИКАЦИИ, АНАЛИЗА И ОЦЕНКИ ПОЧВЕННОГО ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА

В.В. Чупрова

Красноярский государственный аграрный университет, г. Красноярск,
valentinachuprova@rambler.ru

Среди проблем экспериментального определения и оценки органического вещества почв (ОВП) отметим следующие:

1. Несогласованность терминологии и классификации органического вещества почв. Часто под разными названиями подразумеваются однотипные по сути компоненты (составляющие) ОВП, а за формальной близостью отдельных компонентов стоят различные механизмы их функционирования. Это касается, например, терминов «лабильное», «мобильное», «подвижное» ОПВ, которые употребляются как синонимы. К тому же далеко не все составляющие ОВП определяются исследователями, что обедняет работы в теоретическом и практическом плане. Сложившаяся в настоящий период система понятий и показателей свидетельствует о необходимости унификации номенклатуры и типологии ОВП.

2. Проблемы применения общепринятых методов определения состава ОВП и показателей гумусного состояния почв. Большинство методов требует доработки или упрощения. Следует обратить внимание на то, что исследователи зачастую пользуются различными методиками определения одного и того же показателя. Например, определение «лабильных» («подвижных»), «инертных» («стабильных») компонентов почвенной органики проводится с использованием водных, щелочных (причем, при разных концентрациях щелочи) вытяжек, тяжелой жидкости и т.п. Полученные результаты затрудняют сравнительную оценку.

3. Проблемы выделения 2-х фракций ОВП: легкоминерализуемой (пул ЛМОВ) и стабильной (пул стабильного гумуса). Та и другая фракция имеют важнейшее значение в процессах почвообразования и диагностике плодородия почв.

4. Проблема соответствия метода определения и целевой задачи исследований. На данный момент можно считать, что такое соответствие «метод – цель» не разработано.

5. Проблемы оценки гумусного состояния агропочв. Применение оценочных критериев, разработанных Л.А. Гришиной и Д.С. Орловым для почв европейского региона, вряд ли оправдано для сибирских почв. Целе-

сообразно выделить показатели гумусного состояния почв по их функциям, роли в тех или иных почвенных процессах.

6. Проблемы интерпретации экспериментальных данных в связи с гетерогенностью состава и многообразием функций компонентов ОВП. К факторам, вызывающим гетерогенность ОВП, относятся пространственная неоднородность растительности и растительных остатков по запасам и химическому составу, варьирование гидротермических условий разложения, неодинаковая активность мезо- и микрофауны. Разнообразность и сложность функций связана с полихимизмом соединений, составляющих ОВП. Это, в свою очередь, обеспечивает как устойчивые, так и мобилизационные и регуляторные признаки почв. Аргументы функций ОВП и его компонентов придают исследованиям обоснованность, надежность и фундаментальность.

СТРУКТУРНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ГУМИНОВЫХ КИСЛОТ ТОРФОВ РАЗНОЙ СТЕПЕНИ ГУМИФИКАЦИИ

Н.В. Юдина*, А.В. Савельева*

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

Спектральными методами установлены структурные особенности гуминоподобных веществ в растениях на стадии отмирания, гуминовых кислот в гумифицированных в течение 2 лет растениях-торфообразователях и торфах на отрогах Васюганского болота в пределах бассейна реки Ключ. Показано, что с увеличением степени гумификации возрастает полидисперсность и оптическая плотность гуминовых кислот, в их химическом составе увеличивается содержание ароматического и карбонилсодержащего углерода.

Гуминовые кислоты (ГК) представляют собой природные полимеры, характеризующиеся статистически непрерывным набором различных структурных единиц, неоднородных по размерам конденсированных ядер, длине и составу соединительных звеньев [1-4]. Известно, что состав ГК зависит от происхождения и степени преобразованности органического вещества [5]. В литературе присутствует две точки зрения на процесс формирования гуминовых веществ – путем абиогенной конден-

сации [6] и деградации биополимеров [7, 8]. Первая гипотеза подтверждается синтезом ГК при взаимодействии фенолов с ангидридами ароматических кислот [9]. Натурные эксперименты по гумификации растений свидетельствуют об образовании уже в течение 50 дней органических соединений с развитыми системами ароматического полисопряжения, аналогичными имеющимся в ГК [10]. Со структурными особенностями макромолекул ГК связаны их свойства и многочисленные биосферные и экосистемные функции. Комплексный подход, заключающийся в изучении состава органического вещества (ОВ) торфов с использованием современных методов исследования, а также моделирование процессов преобразования ОВ позволяют выявить особенности процессов гумификации в условиях торфогенеза.

Цель исследования заключалась в изучении структурных особенностей ГК различного генезиса и степени преобразования.

Методика исследований

Исследования проводили на отрогах Васюганского болота в пределах бассейна реки Ключ (Бакчарский район, Томская область). Ландшафтный профиль представлен по направлению к центру болота следующими биогеоценозами: сосново – кустарничково-сфагновый с высокой сосной (трансаккумулятивная часть профиля), сосново – кустарничково-сфагновый с низкой сосной (транзитная часть), осоково-сфагновая топь (автономная часть профиля) [11, 12]. Моделирование начальной стадии торфообразования проведено в залежи транзитной части профиля с использованием наиболее типичных растений-торфообразователей – *Eriophorum latifolium Hoppe*, *Carex caespitosa*, *Sphagnum fuscum* и *Sphagnum magellanicum*. Стратиграфия залежи имеет смешанный топяной вид строения при мощности 3 м и снизу вверх (150-270 м) представлена низинными торфами гипново-осокового и травяного видов со степенью разложения 40-55 % (мас.), перекрывающимися мощным слоем (1.5 м) верхового торфа двух видов – *Sph. magellanicum* и *Sph. fuscum*. Микрорельеф этого участка профиля волнистый из-за большого количества моховых подушек высотой около 30 см и диаметром до 3 м.

При образовании болотного массива в исследуемом районе на начальном этапе преобладали эвтрофная и мезотрофная стадии, которые сменились олиготрофной стадией развития. При переходе к олиготрофной стадии сформировались сосново-кустарничково-сфагновые сообщества. Более подробно природные условия процессов болотообразования большинства олиготрофных болот Западной Сибири приведены в [13, 14]. Общая характеристика торфов дана в табл. 1.

Балансовые опыты по разложению торфообразователей проводили методом частично изолированных проб, которые помещали в деятельный слой торфяной залежи на глубину 10–15 см на 2 года [15, 16]. Природные условия в течение 2 лет были благоприятными для процесса гумификации. Первый год характеризовался по гидротермическому коэффициенту (ГТК) как достаточно увлажненный. Уровень болотных вод (УБВ) изменялся в пределах 17–20 см. По погодным условиям второй год можно охарактеризовать как умеренно влажный с ГТК-1,3. УБВ не превышал 34–36 см. Следовательно, в анализируемый период в деятельном слое активизировались процессы гумификации. Окислительно-восстановительный потенциал торфяной залежи за период исследования изменялся от 400 до 700 мВ, рН среды составлял 3.6–4.3.

Таблица 1

Общая характеристика торфов олиготрофных ландшафтов

Глубина, см	Вид торфа	R, % мас.	Зольность % мас.	РН солевой	Содержание ГК, % мас.
0–50	Фускум В	0–5	2.7	3.5	25.1
50–75	Фускум В	0–5	2.0	3.5	25.2
75–100	Магелланикум В	0–5	2.1	4.0	19.8
100–150	Магелланикум В	10	2.3	4.2	19,0
150–200	Сосново-пушицевый В	50–55	6.0	6.0	37.1
200–250	Осоковый Н	50–55	4.3	6.0	25.2
250–300	Травяной Н	40–45	24.5	6.0	21.2

Гуминовые кислоты из гумифицированных растений и торфов выделяли 0,1 н. NaOH [17]. Количественная характеристика фрагментного состава ГК дана на основании ЯМР ¹³C спектроскопии. Спектры ЯМР ¹³C регистрировали на спектрометре DRX –500 фирмы Bruker. С помощью гель-хроматографического разделения на сефадексе G-75 с использованием 0,1н NaOH в качестве растворителя и элюирующего раствора было получено молекулярно-массовое распределение. Оптическую плотность регистрировали на спектрофотометре СПЕКОЛ-21 при длине волны 465 нм. Количество парамагнитных центров (ПМЦ) определяли методом ЭПР-спектроскопии на приборе EPR СПЕКТРОМЕТР SE/X-2544 марки RADIPAN (Польша). В качестве эталона использовали рубиновые стержни, установленные в резонаторе.

Результаты исследований

В результате двухлетних модельных экспериментов установлено, что количество биомассы торфообразователей теряется за счет минерализации на 20-35% (мас.) для травянистых растений и 3-13% (мас.) для *Sph. fuscum* и *Sph. magellanicum* [18]. При аэробном разложении торфообразователей в деятельном слое существенно меняется фракционно-групповой и химический состав органических веществ. Как отмечалось в [10, 19], существенные изменения в составе растений происходят в течение даже одного вегетационного периода. В табл. 2. приведены результаты исследования группового состава исходных и гумифицированных растений в сравнении с аналогичными торфами.

Таблица 2

Фракционно-групповой состав ОБ торфообразователей, гумифицированных растений в разные периоды вегетации и торфов

Образцы	Содержание, % мас.				
	Липиды	ВР	ЛГ	ГК	ТГ
Торфообразователи					
Carex caespitosa	4.1	19.6	40.2	8.7	21.4
Eriph. Latifolium	3.5	25.7	43.0	5.3	16.5
Гумифицированные растения					
Carex caespitosa	4.1	17.2	39.0	18.5	18.8
Eriph. Latifolium	2.6	17.9	41.1	20.2	13.1
Sph. Magellanicum	3.5	14.2	37.4	10.2	31.6
Sph. Fuscum	3.8	16.3	35.1	10.1	31.3
Торф					
Осоковый	0.2	0.3	16.3	25.2	17.2
Травяной	0.2	0.1	38.6	21.2	16.0
Сосново-пушицевый	0.7	0.3	23.6	37.1	13.8
Фускус	2.6	0.9	30.6	25.1	15.2
Магелланикум	0.6	0.4	32.6	19.8	14.3

Примечание: ВР – водорастворимые, ЛГ – легкогидролизующие, ТГ – трудногидролизующие вещества; ГК – гуминовые кислоты.

Проведенные исследования показали, что уже на стадии их отмирания в *Eriphorum latifolium* Hoppe, *Carex caespitosa* обнаружены гуминоподобные вещества, растворимые в щелочи. В сфагновых мхах эта фракция

отсутствует. Количество ГК в гумифицированных *Eriphorum latifolium Hoppe*, *Carex caespitosa* возросло в 2-2.5 раза по сравнению с количеством гуминоподобных веществ в исходных растениях. Содержание липидов и водорастворимых веществ снижается по сравнению с исходными растениями. После гумификации в растениях количество легкогидролизуемых веществ резко уменьшается, содержание трудногидролизуемых веществ незначительно снижается. Эти результаты подтверждают гипотезу [19], что процесс гумификации начинается не в торфогенном слое, а в растениях-торфообразователях на стадии их отмирания.

В процессе гумификации в торфах почти в 10 раз снизилось содержание липидов и водорастворимых компонентов, что связано, возможно, с разрушением пигментов и неустойчивых белковоуглеводных комплексов. Незначительно изменилось количество трудногидролизуемых веществ. Содержание ГК в исследованных торфах варьирует в пределах 19.8–37.1 % мас. По сравнению с растениями торфообразователями количество ГК в *Sphagnum fuscum* и *Sphagnum magellanicum* торфах увеличилось в 2.5 раза, в осокном, сосново-пушицевом и травяном – в 1,5 раза.

Изменение степени полидисперсности ГК в процессе гумификации показано на кривых молекулярно-массового распределения (рис. 1). С помощью гель-проникающей хроматографии компоненты фракционируются в соответствии с молекулярными массами [20]. Макромолекулы гуминоподобных веществ из *Eriphorum latifolium Hoppe*, *Carex caespitosa* характеризуются широким набором молекулярных масс с одним максимумом, сдвинутым в низкомолекулярную область. Распределение ГК из гумифицированных растений аналогично предыдущему с той лишь разницей, что на кривой появляются два пика, отвечающих узким фракциям в разных молекулярных областях. ГК торфов являются полидисперсными соединениями, молекулярно-массовое распределение имеет два четко выраженных максимума в двух областях (рис. 1б). Для ГК торфов травяного типа характерно преобладание низкомолекулярной фракции. Соотношение низко- и высокомолекулярной фракций составляет примерно 3:1. В области низкомолекулярной фракции на шлейфе проявляются несколько незначительных пиков, свидетельствующих о повышении дисперсности.

В табл. 3 представлен расчет структурных параметров ГК торфов и гумифицированных в природных условиях растений по данным спектров ЯМР¹³С. Алифатическая часть спектра ГК гумифицированных растений и торфов содержит хорошо разрешенные сигналы с максимумом при 29-30 м.д., что характерно для линейных полиметиленовых цепей. Однако, слабые сигналы концевых СН₃-групп (химический сдвиг ХС 13.9 м.д.) в спектрах свидетельствуют о том, что алифатические фрагменты являются мостиковыми структурами между ароматическими кольцами [21, 22]. При

переходе от гумифицированной *Eriphorum latifolium Hoppe*, *Carex caespitosa* к соответствующим торфам в составе ГК доля алифатического углерода повышается. Для макромолекул ГК гумифицированных мхов и сфагновых торфов характерны близкие значения доли алифатического углерода.

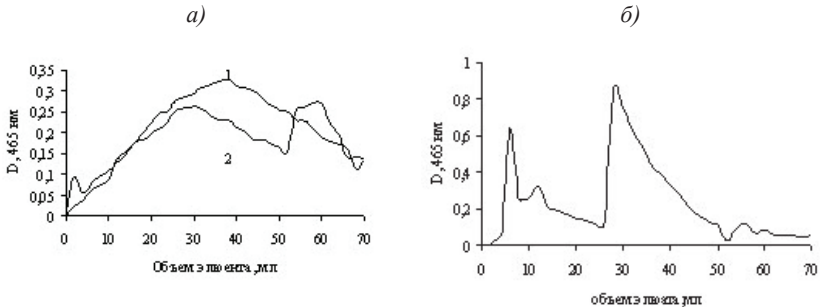


Рис. 1. Гель хроматограммы: а) 1 гуминоподобные вещества из *Carex caespitosa*; 2 ГК из гумифицированной в течение 2 лет *Carex caespitosa*; б) ГК из осокового торфа.

В диапазоне ХС 160-106 м.д. проявляются интенсивные сигналы ароматических атомов углерода и атомов, связанных с кислородом. Так, отмечено более высокое количество ароматических фрагментов в ГК травянистых растений, чем в ГК сфагновых мхов. В последних преобладают алкильные фрагменты. Для макромолекул ГК торфов разных типов отмечено преобладание количества фрагментов $C_{ар}-O$ над количеством $C_{алк}-O$. В слабопреобразованных ГК из гумифицированных растений доля $C_{алк}-O$ выше, чем в ГК торфов, а окисленных ароматических структур $C_{ар}-O$, наоборот, ниже. Сигналы лигнинной составляющей отчетливо проявляются во всех спектрах.

Отличительной особенностью ГК гумифицированных растений по сравнению с ГК торфов является значительное (до 20 % в ГК осоки) количество атомов углерода в $\alpha-O-4$ - и $\beta-O-4$ - связях (ХС 93-80 м.д.), метоксильных группах (ХС 58-54 м.д.). В молекулах ГК растений доля метоксильных групп в 2 – 2,5 раза выше, чем в молекулах ГК соответствующих торфов. Последние характеризуются большей степенью окисленности ароматических фрагментов и более высоким относительным содержанием карбоксильных групп (ХС 160-185 м.д.).

Содержание карбоксильных, карбонильных и хиноидных групп (ХС 160-220 м.д.) в ГК гумифицированных *Eriphorum latifolium Hoppe*, *Carex caespitosa* осоки и пушицы значительно ниже, чем в ГК соответс-

твующих торфов. Особенно низкое их количество отмечено в ГК из осоки. Разница между количеством углерода в карбонилсодержащих группах в ГК генетического ряда *Sph. fuscum* и *Sph. magellanicum* существенна.

Таблица 3

Фрагментный состав ГК гумифицированных растений и торфов по данным ЯМР ¹³C

Образец ГК	Содержание атомов углерода в структурных фрагментах (относит. интенсивности, % отн.)									
	C=O, OO-	Cнеорг	CarO	CarC ₁ H	СалкO	С _{α,β} -O-4	CH ₃ O	Салк	Fa*	Kpф**
Гумифицированные растения										
<i>Carex caespitosa</i>	0.9	отс.	4.6	25.8	13.4	17.2	19.6	18.4	30	1.25
<i>Eriph. Latifolium</i>	4.5	0.7	4.3	20.5	9.1	14.8	18.1	27.6	25	1.05
<i>Sph. Magellanicum</i>	7.0	0.8	4.6	11.0	8.4	20.8	13.5	34.6	16	1.19
<i>Sph. Fuscum</i>	6.5	1.4	2.6	16.3	9.1	16.1	13.7	33.3	19	0.96
Торф										
Фускум торф (0–50 см)	9.3	1.6	4.9	27.5	3.9	13.8	6.1	33.6	34	0.61
Магелланикум торф (100–150см)	9.2	0.9	4.2	35.4	2.8	12.2	6.2	30.4	40	0.52
Сосново-пушицевый (150–200см)	9.2	0.9	6.3	30.4	3.2	10.5	8.1	31.6	36	0.60
Осоковый (200–250см)	8.9	0.9	4.9	41.0	1.9	4.7	5.2	32.5	46	0.35
Травяной (250–300см)	10.3	1.2	6.1	40.5	1.5	5.2	6.2	28.8	47	0.42

Примечание: * степень ароматичности; ** коэффициент гидрофильности

Органические вещества, из которых образуются гуминовые кислоты имеют биологическое происхождение, а большинство биологических мак-

ромолекул относятся к амфифильным соединениям. В составе амфифильных макромолекул присутствуют гидрофильные полярные и гидрофобные группы и фрагменты. Их соотношение обуславливает растворимость веществ, пространственную организацию и разнообразие функциональных свойств [23]. По результатам анализа фрагментного состава рассчитаны Кгф величины соотношений содержания гидрофильных к гидрофобным компонентам в макромолекулах ГК (табл. 3). Для мохового и древесно-травяного торфов содержание гидрофильных фрагментов в ГК снижается в 2 раза, а для более преобразованных травяных видов торфов – в 3 раза по сравнению с ГК соответствующих гумифицированных растений.

ГК обладают парамагнетизмом, обусловленным синергетическим эффектом взаимодействия ароматических систем полисопряжения и функциональных групп [24]. Поэтому метод ЭПР спектроскопии позволяет анализировать особенности молекулярной структуры веществ. В спектрах ЭПР ГК разной степени гумификации зарегистрирован узкий симметричный сигнал с g -фактором 2.0035 свободного электрона, обусловленный ароматическими структурами полисопряжения (рис 2). Гуминоподобные вещества из растений характеризуются меньшими значениями интенсивности I данного сигнала (табл. 4). Это объясняется низким уровнем ароматического полисопряжения системы по сравнению с ГК торфов.

Таблица 4

Содержание парамагнитных центров (ПМЦ) в гуминовых кислотах торфообразователей, гумифицированных растений и торфов

ГК растений	ПМЦ, 10 ¹⁷ спин/г	ГК торфа	ПМЦ, 10 ¹⁷ спин/г
Carex caespitosa	1.6	Осоковый Н	6.6
Eriph. Latifolium	1.6	Травяной Н	4.9
Гумифицированные		Сосново-пушицевый В	4.9
Carex caespitosa	4.7	Фускум В	3.5
Eriph. Latifolium	3.6	Фускум	3.6
Sph. Magellanicum	2.8	Магелланикум	3.5
Sph. Fuscum	2.4	Магелланикум	4.5

Наряду с наличием свободных стабильных радикалов в ГК торфов обнаружено два широких сигнала со значением $g \sim 2.11$ и $g \sim 4.3$, связанных с присутствием катиона железа (рис. 2). Сигнал с $g \sim 4$ отвечает ионным формам Fe^{3+} , связанным, скорее всего, с карбоксильными группами, значительная часть которых принадлежит ароматическим фрагментам [25-27].

Сигнал с $g \sim 2.11$ относят к соединениям Fe^{3+} с ковалентным характером связи с органическим веществом торфа и к минеральным соединениям торфа [28, 29]. В гуминоподобных веществах растений обе формы Fe^{3+} отсутствуют, в ГК гумифицированных растений в следовых количествах появляется одна форма Fe^{3+} , отвечающая сигналу с $g \sim 2.11$.

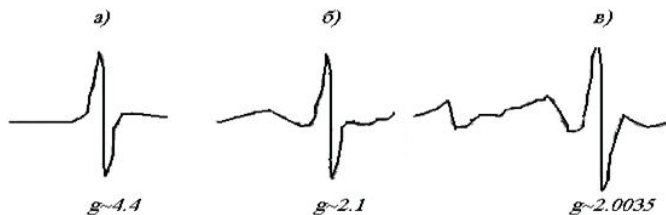


Рис. 2. Спектры ЭПР: а) гуминоподобные вещества из *Carex caespitosa*; б) ГК из гумифицированной в течение 2 лет *Carex caespitosa*; в) ГК из осокового торфа.

Таким образом, моделирование процесса гумификации в условиях торфяной залежи позволило установить, что в системе “торфообразователи – гумифицированные растения – торф” наблюдается постепенное увеличение полидисперсности, оптической плотности, значений средних молекулярных масс ГК. С увеличением степени гумификации в составе ГК происходит возрастание содержания ароматических полисопряженных систем и карбоксильных групп и снижение количества углеводных фрагментов. При этом повышается уровень парамагнетизма гуминовых веществ.

Литература

1. Орлов Д.С. Гумусовые кислоты почв и общая теория гумификации. М.: Наука, 1990. 325 с.
2. Лиштван И.И., Базин Е.Т, Гамаюнов Н.И. и др. Физика и химия торфа. М.: Недра, 1989. 303 с.
3. Комиссаров И.Д. Молекулярная структура гуминовых веществ органогенных субстратов современных экосистем //Почвы национальное достояние России: Материалы 4 Съезда Докучаевского общества почвоведов. Новосибирск: Наука-Центр, 2004. С. 308-310.
4. Шинкарев А.А., Гневашов С.Г. О химическом строении гумусовых веществ почв // Почвоведение. 2001. №9. С. 1074-1082
5. Zech W., Naumaier L., Kogel-Knabner I. Changes in aromaticity and carbon distribution of soil organic matter due to pedogenesis //Sci. Total. Environ. 1989. Vol. 81/82. P. 179-186.

6. Flaig W., Beutelspacher H., Rietz E. Chemical composition and physical properties of humic substances //Soil. Comp. VI. Organic Components. N.Y., 1975. 1. P. 211.

7. Hedges J.I., Blanchette R.A., Weliky K., Devol A.H. Effects of fungal degradation on CuO oxidation of lignin: a controlled laboratory study. //Geochim. Cosmochim. Acta. 1988. 52. P. 2717-2726.

8. Hedges J.I. Polymerization of humic substances in natural environments// Humic substances and their role in the environment. Chichester e.a., 1988. P. 45.

9. Adhikari M., Chaudhari A.K. Ray. Proton magnetic resonance and electron spin resonance of synthetic humic acids//J. Indian asids. 1996. 73. № 6. P.275-277.

10. Бамбалов Н.Н., Баыганова В.В., Прохоров С.Г. и др. О механизме образования гуминовых веществ //Докл. АН Беларуси. 1998. № 6. С. 95-98.

11. Инишева Л.И., Земцев А.А., Лисс О.Л. и др. Васюганское болото, природные условия, структура и функционирование. Томск: ЦНТИ, 2003. 203 с.

12. Инишева Л.И., Юдина Н.В., Инишев Н.Г., Головченко А.В. Распределение органических веществ в системе геохимически сопряженных болотных ландшафтов //Геохимия. 2005. №2. С. 197-205.

13. Лисс О.А., Абрамова М.И., Аветов Н.А., и др. Болотные системы Западной Сибири и их природоохранное значение. М.: МГУ, 2001. 584 с.

14. Инишева Л.И. Васюганское болото. Природные условия, структура и функционирование. Томск, 2000. 136 с.

15. Лукошко Е.С., Бамбалов Н.Н., Хоружик А.В. и др. Изменение химического состава растений в процессе гумификации // ХТТ. 1989. №2. С. 9-16.

16. Марыганова В.В., Стригуцкий В.П., Беленькая Т.Я. и др. Некоторые аспекты гумификации растений торфообразователей в натуральных условиях //Весті НАН Беларусі. Сер. Хім.наук. 1998. №3. С.119-122.

17. Лиштван И.И, Король Н.Т. Основные свойства торфа и методы их определения. Минск, 1975. 320 с.

18. Савельева А.В., Юдина Н.В. Изменение химического состава болотных растений в процессе торфообразования //Химия растительного сырья. 2003. №3. С. 17 – 20.

19. Раковский В.Е., Пигулевская Л.В. Химия и генезис торфа. М. Недра, 1978. – 231 с.

20. Swift R.S., Posner A.M. Gel chromatography of humic acid //J. Soil. Sci. 1971. V22. P.237.

21. Калабин Г.А., Каницкая Л.В., Кушнарев Д.Ф. Количественная спектроскопия ЯМР природного органического сырья и продуктов его переработки. М.: Химия, 2000. 407 с.

22. Калабин Г.А., Чеченина Т.Е., Парамонова Т.Г. и др. Анализ гуминовых кислот Хандинского месторождения методом спектроскопии ЯМР //ХТТ.1997.№ 2.С.19-24.

23. Милановский Е.Ю. Гумусовые вещества как система гидрофобно-гидрофильных соединений //Почвы национальное достояние России: Материалы 4 съезда Докучаевского общества почвоведов. Новосибирск: Наука-центр, 2004. С. 317-319.

24. Дударчук В.М., Прохоров С.Г., Смычник Т.П. и др. О роли водородных связей в формировании парамагнетизма гуминовых кислот //Коллоидный журнал. 1997. Т.59 №3. С.313-316.

25. Стригуцкий В.П., Бамбалов Н.Н., Марыганова В.В., Тычинская Л.Ю. Изучение систем полисопряжения гуминовых кислот торфа по генетическим рядам гумификации // Тезисы докладов II Междунар. конф. «Гуминовые вещества в биосфере». М. С-Пб. 2003. С.53-54.

26. Стригуцкий В.П., Бамбалов Н.Н., Прохоров С.Г. и др. Подобие структур ароматического ядра нативного гуминового комплекса и препаратов гуминовых кислот // Химия твердого топлива. 1996. № 6. С. 29-32.

27. Стригуцкий В.П. Особенности ЭПР-спектроскопии природных высокомолекулярных соединений // Химия твердого топлива. 1981. №5. С. 17-25.

28. Шкляев А.А., Угай М.Ю. Обратимые изменения парамагнетизма в бурых углях // Химия твердого топлива. 2001. № 2. С. 84-91.

29. Алиев С.А. Азотфиксация и физиологическая активность органического вещества почв. Новосибирск: Наука, 1988. 143 с.

Structural features humic acids of peat different of degree humification

N.V. Judina, A.V. Savel'eva

Spectral methods establish structural features humic substances in plants on stages of dying off, humic acids in humification within 2 years peat-forming plants and peats on spurs Vasyugan bog. It is shown, that with increase of a degree humification polydispersiveness and optical density humic acids grows, in their chemical compound the contents aromatic carbon is increased.

GEOCHEMICAL ESTIMATION OF PEATS OF SOUTH-EAST PART OF THE WEST SIBERIAN PLAIN

T.N. Tsybukova**, L.I. Inisheva*

* Tomsk State Pedagogical University, c. Tomsk, agroecol@tspu.edu.ru

** Siberian State Medical University, c. Tomsk,

The results of the elemental analysis of fen and raised-bog peats occurring in the south-east region of the West Siberian Plain using atom emission, neutron activation and inversion voltammetry methods are presented. The samples were taken from the peat deposits situated in ecologically clean areas, therefore we can consider them a model of the natural mechanisms of the chemical elements accumulation during peat formation process. It has been shown that the West Siberian peats possess some regional salient features. Besides, in all the West Siberian peats Br and B contents exceed their permissible concentration limits (PCL), and those of Br, Au and Hg exceed their clarks. Concentration of the elements in peat depends on its botanical composition.

Introduction

High soil humidity of the West Siberian Plain in combination with slightly dismembered relief, poorly permeable sediments and high precipitation level give rise to favorable conditions for peat formation along the major territory of the region. The conditions of mire development determine the interaction between the mire itself and the groundwater, which depth and nature of layering as well as the chemical composition differ from those in valleys. A great variety of hydrological conditions of the West Siberian Plain causes geochemical complexity of peat deposits. Zonality of peat types and the chemical composition of ground water directed from the North to the South changes also as moving from watersheds to river valleys. Further, depending on the type of underlying sediments, zonality attributes become more complex due to other more local factors. This causes formation of peat possessing specific elemental composition.

Few available works on biogeochemistry of peat mires showed that the peat deposits represent a natural medium which is favourable for the accumulation of microelements, coming up from the Earth's crust to the atmosphere [1]. Besides, peat deposits work as active geochemical barriers on the way of the mineral compounds to water basins. During this process the organic compounds play an important role in the microelement redistribution, since humic acids can give complexes with almost all microelements accumulating in peat deposits.

K. Krauskopf [2] considers that normal sedimentation process under the bog conditions can produce significant amounts of rare metals. So, in consequence with gradual accumulation, the concentration of rare metals in peat may considerably exceed that in the Earth's crust.

In this connexion the study of microelement composition of the West Siberian peats is a very complicated problem. The present work describes the results of study of the elemental analysis of peat. Also their ecological-geochemical estimation is given.

Experimental

According to the landscape-geochemical zoning, the South East part of the west Siberian Plain can be classified as a mire-taiga region possessing inhibited and low capacity calcium-nitrogen type biological cycle. The classes of water migration are silicon-nitrogen, acidic and acidic gley. The mineralization of river water belongs to hydro carbonate class, calcium group, and accounts for 200 mg/l or lower, ground mineral waters being iodic, iodo-bromic and bromic [3]. The samples of layer-forming peat (about 950 samples, fig. 1) were taken from 28 representative peat deposits located within four bog regions in Tomsk area. All the samples were taken from the explored peat deposits located on the typical plots with predominante species g peat deposits at the topographically controlled points representing the bog genetic centers.

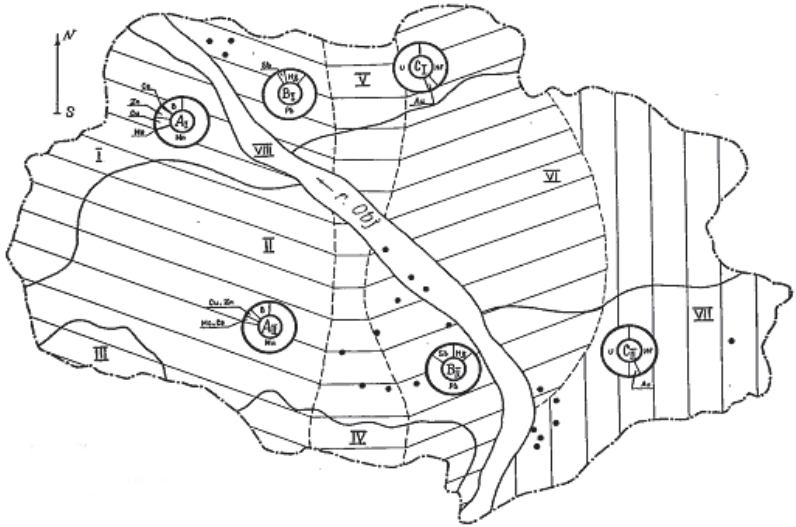
Atom emission (AE), neutron activation (NA) and inversion voltammetry (IVA) methods used for the microelemental.

Spectral analysis of overall content of B, V and Mo was performed with a quartz spectrograph DFS-8. Dry peat sample (0.5 g) was ashed at 450-500°C, then placed in a crater of a carbon electrode and analyses in the alternating current arc. The spectrum was registered with a photoplate PPS-02 in two steps: the first exposure (30 s) gives a spectrum of the volatile elements. The further reburn of a sample gives a spectrum of the elements possessing average and high volatility.

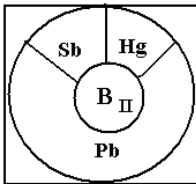
NA analysis was performed with a nuclear reactor IRT-2000 supplied with gamma-spectrometer TA-512V for the determination of Na, Ca, Sc, Cr, Fe, Co, Zn, Br, Rb, Sr, Sb, Cs, Ba, La, Ce, Sm, Eu, Tb, Lu, Hf, Ta, Au, Hg, Th and U. 0.1 to 0.5 g of dry powdered peat was packed in aluminium foil and irradiated for 48 hours in the reactor by neutron beam at 5×10^{12} neutr/cm² induced gamma spectrum was registered twice: average-lived elements were determined within 7 to 10 days, long-lived ones – within 20 to 30 days, using a primary standard SGF-1A.

Paper [4] compares the results of determination of Cr, Ca and Ba obtained by AE method to those found by NA method, and showed they are in agreement.

In the same place the results of IV analysis are checked by the method “entered-found”, which confirms IV experimental data as well.



• – sampling points; — bog regions [13]; I – oligotrophic plateau-like raised bog with pools and ridges, hummock ridges complexes (BC); II – watershed oligotrophic and mesotrophic complex BC and eutrophic terrace systems; III – heterotrophic bog macrosystem; IV – single heterotrophic bog macrosystem; V – oligotrophic plateau-like complex and swamp system; VI – different type BC and systems; VII – eutrophic and mesotrophic woode and sedge bog systems on limic-alluvial plains and oligotrophic and sphagnum of river terraces and ravines of ancient runoff; VIII – Obj-Irtish bottomland region. The content of different group elements in highbog (I) and fen (II) peats: A – group of biogenic microelements (B, Mn, Co, Zn, Mo); B – group of toxic microelements (Sb, Hg, Pb); C – group of ultra-microelemets (Hf, Au, U).



B_{II} – toxic microelements in fen peats;
 Sb – the content Sb, % from sum toxic microelements.
 Sb – the content Sb, % from sum toxic microelements.
 Tipe of waters Eocene-High Creataceous
 hidro-geology zone [14].

For the results of analysis in all the elements to be determined, extremums, average values and variance coefficients for every sample have been found. The standard variance of the calculations accounts for 2.5

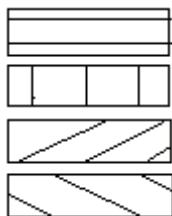


Fig. 1. The contents of different elements in peat (in boundary Tomsk region)

IVA analysis was performed with polarographs PPT-1 and a 4-channel semi-automatic IV-analyser equipped with silver chloride reference electrodes and mercury-film tracer electrodes for the determination of Mn, Cu, Zn and Pb. Dry peat sample (1 g) was calcinated at 550°C and then dissolved using 6 M HCl, 30 % H₂O₂ and distillate.

Results and discussion

The peat deposits are multifunctional by their nature. They may be regarded as relief elements, nature resources or farming lands. The elemental analysis of peat soils as agricultural lands has better been studied. Agrochemical and indices of the peat soil are well known. The concentrations of the individual mobile element forms have been determined and estimated [5-7]. In these works the results of the elemental analysis of peats of the European part of Russia obtained by emission spectral analysis have been summarized. For the geochemical estimation of the elemental composition of peats uses the parameters as follows: PE – probability of finding the element (percentage of samples in which the element is detected); CC – the concentration clark (the ratio of the element concentration to the clark concentration); PC – probability of finding the samples with the clark-exceeding (percentage of the samples possessing clark-exceeding concentration). Further we shall use the above mentioned indices for geochemical estimation of the West Siberian peats.

Let's examine extremum and average concentrations in raised-bog and fen peat deposits (table 1). The concentrations of Na, Ce, Ca, Fe, Mn, Co, V, Cu, Ba, Zn, Br, B, Mo, Sr, La, Sm, Eu, Cs, Hf, Lu, Pb and Th in fen peats are higher than those in raised-bog peats (Ca and Ce – 14 times, Th – 8 times, Mn – 6 times, V and Ba – 5 times, B, Fe, Sr and Sm – 4 times, Pb and Cs – 3 times, Co, Zn, Br, Eu and Lu – 2 times as much).

It is known that the significant amounts of elements-impurities are concentrated in peats [8], one part of them hagenig syngenetic-biogenic origin, and another one – epigenic-hydro-genic origin. So, according to paper concentrations of B, Zn and Sn are lower in peats than those in living matter. The West Siberian peats in comparison with those of the European part of Russia have higher concentration of Sc, Cr, Sr, Ba, La (2 to 5 times as much), B (8 to 10 times), Mn (2 to 3 times), Cu (1.5 to 4 times), Zn, Mo and Pb (4 times), only for fen peats. In the West Siberian peats the concentration of V and Y is 2 to 3 times lower. The comparison is presented only for the elements determined in the European part of Russia. As mentioned above, geochemical conditions of the West Siberia

Table 1

The contents of chemical elements in different types of peats
(mg/kg; (min-max)/average); D=+2.5

Element	Raised bog peat	Peat of fen type	Element	Raised bog peat	Peat of fen type
B	0.7-92.0 14.8	1.9-21 60.5	Cs	0.09-16.3 3.93	0.07-105.0 9.11
Na	2.0-800.0 230.6	13-2400 482.5	Ba	0.38-200 46.96	0.34-4000.0 275.7
Ca	0-13000 2886	0-206000 41790	La	0.1-4.5 1.5	0.1-10.1 2.2
Sc	0.15-1.70 0.56	0.09-5.20 1.02	Ce	0.35-46.00 4.79	0.05-1200.0 64.22
V	0.9-11.0 2.1	1.0-34.3 11.7	Sm	0.01-2.40 0.48	0.01-168.0 1.80
Cr	0.45-28.00 7.60	0.14-90.0 12.30	Eu	0.01-0.17 0.04	0.01-0.49 0.08
Mn	7.2-351.2 74.7	9.2-2410.0 485.7	Tb	0.10-192.00 30.82	0.05-120.0 1.78
Fe	300-5500 2007	0.7-47000 9058	Yb	0.10-0.70 0.36	0.09-1.30 0.50
Co	0.06-3.20 1.11	0.06-10.70 2.36	Lu	0.01-2.10 0.32	0.01-17.0 0.61
Cu	0.6-23.0 7.0	0.3-135.0 10.8	Hf	0.03-1.70 0.30	0.01-3.60 0.41
Zn	0.01-26.00 6.57	0.08-129.0 15.47	Ta	0.01-10.30 2.33	0.01-34.40 2.37
Br	0.9-152.0 39.4	0.2-294.0 82.5	Au	0.001-0.09 0.026	0.001-0.40 0.04
Rb	0.9-11.0 3.4	0.96-60.0 10.8	Hg	0.27-0.80 0.45	0.10-2.30 0.69
Sr	0.04-280.0 79.4	0.69-991.0 337.66	Pb	0.6-11.0 3.1	0.7-18.0 4.9
Mo	0.02-0.18 0.07	0.05-10.3 2.68	Th	0.09-71.00 8.79	0.01-1050.0 69.49
Sb	0.01-0.35 0.12	0.01-1.13 0.09	U	0.03-1.79 0.40	0.02-3.61 0.45

are characterized as acidic gley, where some elements can migrate with waters, forming peat deposits with lower element concentration in other bog regions. Also local zones possessing increased concentration of elements due to secondary accumulation during hyper-kinesis process can be formed.

Mentioned above generality of element accumulation in the West Siberian peats in comparison with those of the European territory of Russia reveals it self even to a greater extent while analyzing individual peat species (table 2). Fen woody-reed and reed peats possess increased concentration of B. Noted characteristic properties of the geochemical variety of peats are confirmed by the groundwater chemical analysis. Mentioned zonality in the groundwater chemical composition as going over from watersheds to river valleys becomes more complex due to superposition of the mire waters composition.

The investigation results [9] that the acidity of groundwater is lowering, its mineralization level is rising and total microelemental content is increasing as moving in the mentioned direction. In figure 1 presents the distribution of individual microelements marked as follows: A – biogenic microelements (the content of B, Mn, Co, Cu, Zn and Mo in raised-bog and in fen peats accounts for 94 mg/kg and 578 mg/kg respectively; the content of Sb, Hg and Pb in raised-bog and in fen peats is 3.7 mg/kg and 6.5 mg/kg respectively); C- heavy ultra-microelements (the content of Hf, Au and U in raised-bog and in fen peats accounts for 0.7 mg/kg and 0.9 mg/kg respectively).

A total content of grouped elements wastaken as 100 %, the concentration of each element was calculated as percentage of an overall sum. Terrace fen waters are weak acidic, hydrocarbonate-magnesium-calcium, their mineralization level being up to 0.4 g/l. The authors have investigated the following microelements of groundwater: Mn, Ba, Zn, Ti, Cu, Ni, Pb and V, but only concentrations of Mn, Ba, Zn, Ti and Cu appeared to be significant. Watershed raised-bog waters are characterized by a mixed ion concentration, low mineralization level and predominance of fulvic acids. Among the microelements, Pb, Sr, Mn and Ba are of respectively high concentration, and that of Cu and Ti is respectively low.

Let's examine the content of individual elements in peats possessing different botanical composition. Results of the investigation of raised-bog peats showed that Fe, Ca, Sr and Hg are concentrated in cotton grass peat, Hf – in scheuchzeria peat, Pb and Th -in cotton grass sphagnum peat, Ca – in complex peat, Fe, Cu, Zn, Sb, So, Cr and rare elements (La) – in scheuchzeria-sphagnum peat, Ba – in angustifolium peat. So, the raised-bog peats can be arranged according to descending level of element accumulation as follows: cotton grass peat > scheuchzeria peat > cotton grass peat > sphagnum peat > sphagnum-fuscum peat > magellanicum peat > complex peat > sphagnum peat.

Comparative analysis of fen peats showed that B is predominantly concentrated in woody peat, Pb – in woody-hypnum peat, Na, Sc, Cr, Co, Zn and Hf

*The contents of elements in European Russian region (1)
and West Siberian region (2), mg/kg*

Peat species	Elements									
	Zn		Cu		Mn		Co		B	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
Peat of fen type										
woddy-sedge	21.7	15.0	5.8	15.3	345.1	215.6	2.2	3.0	5.5	64.0
woddy-reed	9.2	47.5	10.4	35.0	337.9	964.0	1.9	21.0	6.2	-
woddy-hypnum	9.2	3.0	6.2	8.4	200.7	167.0	1.5	1.8	13.5	50.0
reed	26.3	39.7	8.2	26.5	205.3	781.0	2.9	1.7	12.5	21.3
sedge	15.1	8.8	4.2	7.2	160.8	303.0	1.6	1.8	5.5	55.5
sedge-hypnofen	17.2	6.3	2.4	4.0	143.9	477.0	1.3	1.9	12.8	54.6
hypnofen	12.7	8.9	3.0	1.9	119.9	446.0	2.2	1.9	4.6	42.9
Raised bog peat										
Cotton-grass	35.1	12.1	2.9	4.1	25.9	133.7	1.3	1.3	0.8	40.3
Shaihzyery	28.5	12.6	3.9	6.7	37.2	8.8	1.2	1.0	1.2	3.9
Cotton-grass moss bog	49.0	5.3	2.4	2.9	19.0	63.3	0.6	1.5	3.3	3.7
Shaihzyery-moss bog	87.3	22.1	2.2	11.1	12.3	51.4	0.9	0.2	2.6	2.8
Moss bog	20.3	3.0	2.3	10.7	14.1	282.0	0.8	1.1	1.6	63.8
Complex highbog	24.4	5.4	2.3	9.1	23.5	36.0	0.5	1.0	2.4	4.5

– in horsetail peat, Sb and Cu – in buckbean peat, Mn, Fe, Ba and La – in cereal grass peat, Sr – in hypnum peat, fen-bog peats can be arranged according to descending concentration of element accumulation as follows: horsetail peat > woody sedge peat > woody peat > hypnum peat > sedge-hypnum peat > cereal grass peat > sedge peat > buckbean peat.

To estimate the content of microelements in peats we use their soil clarks, worked up by A.P. Vinogradov [10] and also their permissible concentration limits [11]. Analysis of the data obtained allows to conclude that the concentration of Br exceeds PCL 4 to 7 times (PCL Br = 10 to 20 mg/kg), and that of B is 1.3 to 2 times PCL (PCL B = 25 to 100 mg/kg). In all types the West Siberian

peats clark-exceeding concentrations of Br (8 to 18.times); Au (5 to 15 times) and Hg (45 to 70 times) have been determined, their clarks being 5.0; 0.004 and 0.01 mg/kg respectively. Tables 3 and 4 present a quantitative estimation of elements in raised-bog and fen peats on the basis of described above criteria (probability of finding, dark concentration and probability of finding clark-exceeding concentration).

As going over from raised- bog to fen peats one can observe a stable and highrate accumulation (judging by both clark concentration and probability of finding) of Cu, Cs and Th. Accumulation rate and probability of finding such elements as Sr, Zn and Hf both have average values. Br, Au, Hg and Ta are rarely occurred, but their concentrations are often significant, irrespective of peat type. Scandium is of low accumulation level and negligible occurrence.

Table 3

Classification of degree concentration elements in raised bog peats

Elements	Accumulation in peat		
	Energetic CC>30 %	Strong CC=10-30 %	Weak CC<10 %
Widely disseminated (occurency 75-100 %)	B*, Cu, Cs, Th*, Pb	Sr	Mn, La, Ce
Average dissiminatd (occurency 50-75 %)	-	Zn, Hf	Sc, Cr, Fe, Co, Rb, Ba
Rarely dissiminated (occurency < 50 %)	Br**, Yb, Ta, Au**, Hg**	Lu	V, Mo, Ca

Table 4

Classification of degree concentration elements in peats of fen type

Elements	Accumulation in peat		
	Energetic CC>30 %	Strong CC=10-30 %	Weak CC<10 %
Widely disseminated (occurency 75-100 %)	B**, Mn, Cu, Cs*, Ce*, Th**	Fe	-
Average dissiminatd (occurency 50-75 %)	Ca*, Sr, Ba, Yb*, Pb, U	Co, Zn, Hf	Sr, Cr, Rb, La
Rarely dissiminated (occurency < 50 %)	Br**, Lu, Au**, Hg**	V, Mo	-

*) – Content of the element exceeds the clark content (CC) in 1,5-4 times;

***) – Content of the element exceeds the clark content (CC) in 8 times and more

Conclusion

1. Regional geological and climate conditions of the West Siberian Plain cause complexity of peat deposits geochemical picture. This complexity manifests itself in a zonality directed from the North to the South and from watersheds to river valleys.

2. Comparison of elemental composition of the West Siberian peats with that of European analogues showed that the latter have some regional salient characteristics: raised-bog and fen peats possess higher concentrations of So, Cr, Sr, Ba, La, B, Mn and Cu. In addition, fen peats are also enriched with Zn, Mo and Pb.

3. The concentrations of Br and B exceed their PCL, and those of Br, Au and exceed their clark concentrations in. all the West Siberian peats.

4. Concentration of the elements in peat depends on its botanical composition. Raised-bog and fen peats can be arranged according to descending level of element accumulation as follows: cotton grass peat > scheuchzeria peat > cotton grass peat > sphagnum peat > sphagnum-fuscum peat > magellanium peat > complex peat > sphagnum peat shaihtzery-moss and fen-peats as follows: horsetail peat > woody sedge peat > woody peat > hypnum peat > sedge-hypnum > cereal grass peat > sedge-hypnum peat > sedge peat > buckbean peat respectively.

References

1. Alekseev O.V. Heavy metals in soils and plants. Leningrad. Agropromizdat, 1987.367 p.
2. Anspok P.I. Microfertilizers. Spravochnik. Moscow. Agropromizdat, 1991. 289 p.
3. Benesoozky M., Szabo P. Main properties of Hungarian peats as soll amenders. // In: Peat use and peatland conservation. Keszthely. 1990. 157 p.
4. Vinogradov A. P. Geochemistry of rarely and dissipated chemical elements in soils. Moscow. AN SSSR, 1957. 207 p.
5. Dobrodeev O.P. Biogeochemical perouliarities of heavy metals in raised bogs. Moscow. IGAH AN SSSR, 1990. 53-81 p.
6. Inisheva L.I., Tsybukova T.N., Zarublna R.F., Yefimova A.N. Using high sensible methods of peat analysis. // Analytic chemistry. 1996. V. 51. 1-4 p.
7. Ivanov V.V. Ecological geochemistry of elements. Moscow. 1994. V. 2. 303 p.
8. Krauskopf K.B. Geochemistry of mioronnutrienta. // In: Micronutrients in Agriculture. Soil Science Society of America. 1972. P. 7.
9. Kreshtapova V.N. Agrogeochemistry of peat soils in non-chernozem zone of Russia. Dissertatsiya na soiskanie uchenoi stepeni doktora S/kh nauk. Moscow. 1991. 26 p.

10. Lvov Yu.A. Bog resources. // In: Prirodnyie resursy Tomskoi oblasti. Novosibirsk. 1991. 67-83 p.

11. Nazarov A.D., Rasskazov N.M., Udodov P.A., Shvartsev S.Ya. Hydro-geological influences of bogs formation. // Nauohnnye predposylki osvoeniya bolot Zapadnoi Sibiri. Moscow, 1977. 93-104 p.

12. Nazarov A.D., Shvartsev S.Ya. Underground waters and using. // Prirodnyie resursy Tomskoi oblasti. Novosibirsk, 1991. 114-138 p.

13. Neohaeva E.G. Ladscape-geochemical zoning of the West Siberian Plain. Geografiya i prirodnyie resursy. Irkutsk, 1990. V. 4. 77-84 p.

Геохимическая оценка торфов юго-восточной части Западно-Сибирской равнины

Л.И. Инишева, Т.Н. Цыбукова

В работе представлены результаты элементного анализа торфов, встречающихся в юго-восточной части Западно-Сибирской равнины, с использованием атомноэмиссионного, нейтронно активационного и инверсионно вольтметрического методов. Образцы торфа были отобраны в экологически чистых областях, поэтому можно рассматривать их моделью естественных механизмов химического накопления элементов в течение процесса торфообразования. Показано, что западносибирские торфа обладают некоторыми существенными особенностями. Кроме того, во всех западносибирских торфах содержание Br и V превышают их допустимые пределы концентрации, а Br, Au и Hg превышают их кларки. Концентрация элементов в торфах зависит от их ботанического состава.

FUNCTION OF PEAT – MOORSH SOILS ON THE PURIFICATION OF GROUND WATER

L. Szajdak, M. Szczepanski

Research Centre for Agricultural and Forest Environment,
Polish Academy of Sciences, Poland, szajlech@man.poznan.pl

The investigation of peatland is used to show the water quality functioning with respect to different forms of nitrogen and carbon. In this paper, the purification of ground water by the transect of 4.5 km long consisting organic soils (peat – moorsh soils) was estimated. The investigation has shown the impact

of the peatland located on the secondary transformed peat – moorsh soils on the lowering of total nitrogen, ammonium, and nitrates as well as total and dissolved organic carbon in ground water. Peatland decreases the concentration of the following compounds in ground water: nitrates 38.5 %, N-organic 10 %, N-total 24.5 %, ammonium 38.7%, dissolved total carbon 33.1 %, dissolved total inorganic carbon 10 %, dissolved organic carbon 57.5 %.

Introduction

Due to a number of the factors including oscillation of ground water level, different redox potential, changes of aerobic conditions, different plant communities, and root exudes, and products of degradation of rest of plant remains, peat-moorsh soils may undergo a process of secondary transformation [1-7]. During his process the properties of organic matter from hydrophilic to hydrophobic are changed [8-10]. Depending on the intensity of drainage, the peat soils may exhibit different physico-chemical properties, for example, different amounts of bounded water, and different sorption of exchangeable properties as well as different kinds and contents of humic substances [6]. In drained organic soils the moorsh – forming process can be divided into (1) consolidation of peat and subsidence of the peatland, (2) repeated shrinkage and swelling of the upper soil layer through drying and wetting, and (3) decomposition and loss of organic matter through biomineralization in surface layer [11].

A large number of observations have been reported, that humus of organic soils is affected by the great number of biological and chemical transformation mechanisms, including microbial processes and phytochemical degradation reactions (biological transformation, chemical degradation, biochemical conversion, reduction, oxidation, hydrolysis etc.). Humics of different origins can differ significantly with respect to elemental composition, molecular weight, chemical structure etc. These substances are a class of biogenic, heterogeneous and refractory organic compounds [12-14].

The chemical composition of peats depends on the geobotanical conditions of their formation and on the depth of sampling [15, 16]. The evolution of hydrogenic peat soils is closely related to the genesis of peat and to changes in water relations.

In agricultural landscape with high level of fertilization in cultivated fields, the elements of the landscape, which can protect water bodies against eutrophication, are of particular importance. This protective function is partly performed by meadows and forest ecosystems. Peatlands have been shown to help the collecting water-borne movement of various chemical compounds from cultivated fields into the collecting eater basins. In addition peatlands belong to the permanent elements of the landscape, which restrain soil erosion, separate agricultural fields from the watercourses, improve microclimate for agricultural production,

regulate water ratio in soils and help in maintaining biodiversity of agricultural fields [7, 17, 18].

Nitrate pollution caused by using of nitrogen fertilizers is especially a great threat for rural areas. Ground and surface water pollution via nitrate nitrogen (N-NO_3^-) leaching from the soil is regarded as a major potential problem. Many physical, chemical, biochemical and biological processes control dispersion of nitrates in soils and finally all these processes depend on the organic matter content and particularly on humic substances [19-22]. Peatland nitrogen cycle is controlled by the sharp gradient in dissolved oxygen that occurs spatially, both on a horizontal and vertical scale and in time [19].

The goal of this study was to investigate the influence of peatland located in agricultural landscape on transformation of inorganic and organic forms of nitrogen in soil, and in ground water in order to understand their role in functioning peatland as biogeochemical barrier.

Additionally, the results obtained from the experiments should give a better insight into the changes, which take place in organic matter during secondary transformation of peat – moorsh soils and in ground water of peatland.

Materials and methods

The investigations were carried out on the transect of peatland 4.5 km long, located in the Agroecological Landscape Park host D. Chłapowski in Turew (40 kilometers South-West of Poznań, West Polish Lowland) (fig. 1). Peat – moorsh soils were described and classified according to Polish hydrogenic soil classification (table 1) [23, 24] and World Reference Base Soil Notation [25]. There are these investigated points along to Wyskoć ditch. Two times a month during entire vegetation season the following material was taken from four chosen sites marked as Zbęchy, Bridge, Shelterbelt and Hirudo (tables 2, 3):

- samples of peat, from the depth of 0-20 cm,
- samples of ground water from wells established for this investigation.

Samples of peat-moorsh soils were collected at the depth 0-20 cm. Soils were sampled two times a month from 10 sites of each site. Samples were air dried and crushed to pass a 1 mm-mesh sieve. These 10 sub-samples were mixed for the reason of preparing a “mean sample”, which used for the determination of pH (in 1M KCl), dissolved organic carbon (DOC), total organic carbon (TOC), total nitrogen (N-total), and N-NO_3^- as well as N-NH_4^+ (table 2).

Twice distilled water from silica glass equipment was used. For the investigation of DOC, soil samples were heated in redistilled water under reflux condenser. Extracts were separated and analyzed on TOC 5050A facilities (Shimadzu, Japan) [26]. N-total were evaluated by the semimicro-Kjeldahl methods, ammonium and nitrate ions by Sprurwaya method [27, 28].

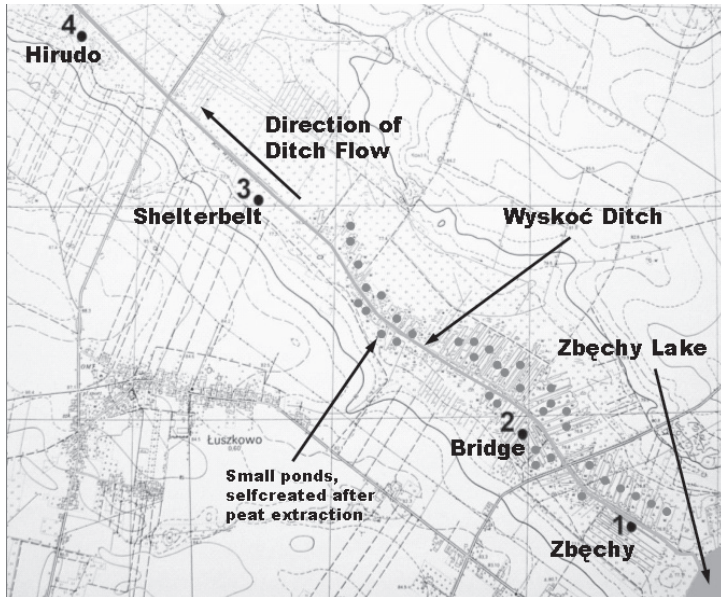


Fig. 1. The map of the investigated peatland.

In ground water pH, N-total, N-NO₃⁻, N-NH₄⁺, DTC (dissolved total carbon) and DOC (dissolved organic carbon) was measured.

Satisfactory precision based on replicate analyses, were: ±0.01 for pH measurements, ±3.5 % for TOC, ±3.4 % for DOC, ±4.3 % for N-total, ±3 % for N-NO₃⁻, ±3 % for N-NH₄⁺.

Results and discussion

Peatlands are areas which share ecosystem properties with both terrestrial and aquatic systems and may be in standing of running waters.

Investigated peatland represents different kind of peat-moorsh soils (table 1). Within this paper, a large amount of data is presented. Our earlier investigations shown that organic soils of the transect represent different stage of moorshification, which characterized different kind of chemical properties [29]. All the soils represented from slightly acidic (No 2 and 4) to neutral properties (No 1 and 3). In peat moorsh soils the values of pH's ranged from 5.82 to 7.56 (table 2) [7]. Higher pH were observed in Zbęchy and Shelterbelt and smaller in Bridge and Hirudo. The highest pH were measured in peat from Shelterbelt and the lowest in Hirudo.

Some properties of peat – moorsh soil

Place of sampling	Type of peat-moorsh	Stage of soil moorshification, degree of decomposition	Kind of moorsh formation
1 Zbęchy	Wooden-sedge moorsh soil with peat, light degree of moorsh process Mtl, deep soil developed with low <i>Carex-Phragmiteti</i> strongly decomposed (sapric) peat, 10YR 2/1 black, amorfic-fibrus structure. The upper peat horizon have thin 1-2 mm mineral layers. Peaty muck horizon with subangular blocky structure with low fiber content. Moorsh horizon Mt 0-10cm depth. Polish hydrogenic soil classification [23]: Mtlcc. World Reference Base [25] soil notation: Sapri-Eutric Histosols.	Mtlcc 0-10 cm, R3	Z ₁
2 Bridge	Alder, moorsh soil with peat, medium degree of moorsh process MtlI, deep soil developed with low strongly decomposed (sapric) wood peat, 10YR 2/1 black, angular blocky structure. Humic muck horizon with subangular blocky microstructure. Very good developed M1 moorsh sod subhorizon and subangular blocky M2 muck undersod subhorizon. Moorsh horizon Mt 0-20cm depth. Polish hydrogenic soil classification [23]: MtlIcc. World Reference Base [25] soil notation: Sapri-Eutric Histosols.	MtlIcc 0-20 cm R3	Z ₂
3 Shelterbelt	Sedge-rushes, moorsh soil with peat, strong degree of moorsh process MtlIII, deep soil developed with low <i>Carex</i> -wood decomposed (sapric) peat, 10YR 3/1 very dark gray, angular-fibrus blocky structure. Moorsh horizon strongly draied, subangular blocky microstructure. Good developed subhorizons M1, M2. Degraded moorsh M3 subhorizon have light identifiable. Moorsh horizon Mt 0-32cm depth. Polish hydrogenic soil classification [23]: MtlIIIcc. World Reference Base [25] soil notation: Sapri-Eutric Histosols.	MtlIIIcc 0-10 cm R3	Z ₂ Z ₃

4 Hirudo	Alder, moorsh soil with peat, medium degree of moorsh process MtII, deep soil developed with low wood decomposed (sapric) peat, 10YR 2/2 very dark brown, angular blocky structure. Moorsh horizon strongly draied, subangular blocky macro and microstructure. Good developed sod and undersod subhorizons M1 and M2. Moorsh horizon Mt 0-20cm depth. Polish hydrogenic soil classification [23]: MtIIcc. World Reference Base [25] soil notation: Sapri-Eutric Histosols.	MtIIcc 0-20 cm R3	Z ₂
-----------------	---	-------------------	----------------

Mt-stage of soil moorshification, MtI-weakly moorshified, MtII- medium moorshified, MtIII-strongly moorshified; a-according to classification WRB 1998-Sapri-Eutric Histosols, Z₁-grain moorsh, Z₂-peaty moorsh, Z₃-humic moorsh.

Table 2

Content of chemical compounds in peat

Place of sampling	pH	TOC, %	DOC, %	N-total, %	TOC/N
1 Zbęchy	6.22-6.97	22.54±12.3	0.37±0.2	2.01±0.9	12.33±8.7
2 Bridge	6.00-6.46	33.25±5.0	0.43±0.2	2.14±1.1	16.25±8.2
3 Shelterbelt	7.05-7.56	30.23±13.3	0.49±0.2	2.01±1.0	14.37±8.3
4 Hirudo	5.82-6.41	26.47±18.8	0.40±0.1	2.19±0.8	11.92±8.8

TOC-total organic carbon, DOC-dissolved organic carbon, N-total-total nitrogen, bold – mean, italic – range

Dissolved organic matter can contribute significantly to cycling of soil nutrients. It can be a substrate for microbial growth, but its production is also partly mediated by microbes. This fraction is responsible for the microbiological activity [26, 30, 31]. Effect of water content and moist conditions on soil organic matter behavior are reported by several authors [32, 33]. Godde et al., [34] observed an influence of moistening intervals on the release of forms of carbon from the organic layer. Some authors have suggested to describe soil organic matter and dissolved organic matter by their colloidal and gel properties, which arise from the interaction with water [35, 36].

The concentrations of TOC ranged from 14.67 % to 36.37 % in peat – moorsh soils. The highest yearly mean content of TOC was determined in Bridge and was equal to 33.25 % and the smallest was measured in Zbęchy and was 22.54 %. The concentration of DOC ranged from 0.22 to 56 %. The small-

est yearly mean content of DOC revealed Zbęchy and was equal to 0.37 %. The highest concentration of DOC was characterized to Shelterbelt and was equal to 0.49 % (table 2).

Yearly mean content of N-total ranged from 2.01 to 2.19 %. The highest content of N-total was observed in Hirudo and was connected with high concentration of small content of TOC. The ratios TOC/N ranged from 11.92 to 16.25. However the highest ratio of TOC/N-total was connected with the highest content of TOC and with high concentration of DOC as well as N-total (table 2). Thus, the increases of TOC/N-total ratios were connected with the degree of the secondary transformations of peat moorsh soils [29].

pH's values of ground water from the wells established for this investigation ranged from 6.40 to 7.52 (table 3). High values of pH were observed in Hirudo and the small in Zbęchy.

The concentration of N-NO_3^- changed with an increase of the distance from the edge of peatland. The highest yearly mean content of N-NO_3^- was measured in the beginning of the transect and was equal to 0.52 mg/l and the lowest was determined in Hirudo equaled to 0.32 mg/l, representing the end of the transect. The decrease of the N-NO_3^- during whole transect of peatland was equal to 38.5 % (table 3).

The changes of N-NH_4^+ concentrations were similar like N-NO_3^- . It was revealed the decrease of N-NH_4^+ quantities with increase of the distance from the edge of peatland. During entire peatland the decrease N-NH_4^+ was equal to 38.5 %.

In addition the decrease of the concentration of N-total was observed. The highest content of N-total was determined in Zbęchy and equaled to 11.39 mg/l. It was observed the decrease of the content of N-total with increase of the dis-

Table 3

Content of chemical compounds in ground water

Place of sampling	pH	N-NO_3^- ; mg/l	N-total ; mg/l	N-NH_4^+ ; mg/l	N-org ; mg/l	TOC; mg/l	DOC; mg/l
1 Zbęchy	6.51-7.06	0.52±0.02	11.39±3.1	5.76±0.2	5.60±2.9	169.73±12.5	82.75±1.8
2 Bridge	6.78-7.52	0.44±0.2	11.01±2.3	6.25±0.4	4.76±1.8	178.43±9.8	64.90±3.9
3 Shelterbelt	6.40-7.46	0.46±0.2	10.08±1.5	2.74±2.1	7.34±3.6	137.47±2.1	32.97±2.7
4 Hirudo	6.98-7.44	0.32±0.1	8.59±1.5	3.55±3.2	5.04±2.1	113.53±7.4	35.17±4.4

DTC-dissolved total carbon, DOC-dissolved organic carbon, bold – mean, italic – range

tance from the edge of peatland. Along 4.5 km long of the peatland the decrease of the N-total was equal to 25 % (table 3).

The concentrations of N-org decrease with an increase of the distance of peatland. The decrease of organic compounds including nitrogen in their structures was equal to 10 %.

Several authors reported and influence of pH and electrolyte composition on dissolved organic matter release [37-39]. The influence of dissolved salts on dissolved organic matter release was shown by Reemtsma et al., [40]. It was also revealed that, the process of mineralization was greater in fens rather than in raised bogs [11]. This process affects leaching of dissolved organic matter and phosphate [41]. It was also reported, that large scale of management impact on the dissolved organic matter from differently used soil in a fen area [42]. In this study land use effects on fulvic acids, which account for the major part of dissolved organic matter [43]. Several investigations have provided evidence regarding the linkage between microbial activity and dissolved organic matter production, either based on the relationship between microbial respiration and dissolved organic matter release, or by comparing the amount of dissolved organic matter or by comparing the amount of dissolved organic matter produced from the activity of some selected microbial species [44-46].

Two forms of carbon revealed high decrease with the increase of the length of the transect. These forms represent organic compound which are available for plant and microorganisms. During entire vegetation season TOC concentration ranged from 108.1 to 189.5 mg/l. Yearly mean content of TOC was the highest in Zbęchy and the lowest in Hirudo 169.73 mg/l and 113.53, respectively. The decrease of the TOC with increase of the distance of peatland was equal to 33.1 % (table 3).

Similar changes like TOC was measured in DOC in ground water from the special wells established for this investigation. The highest content of DOC was observed in the beginning of the transect and was equal to 82.75 mg/l. The lowest content of DOC was determined in ground water taken from Hirudo and was equal to 113.53 mg/l. Along the distance of the transect the decrease of DOC was equal to 57.5 % (table 3).

Peatland seems to be very effective element of the landscape for removal of dissolving organic carbon and nitrogen compounds from through-flowing waters when the nitrogen is in the form of nitrate rather than ammonium N or dissolved organic N. The data show that peatland as element of the landscape can result in a major decrease in a mean and range of different compounds in ground water. This element of the landscape plays significant function in the purification of ground water.

Conclusion

1. The investigation has shown the impact of the peatland located on the secondary transformed peat moorsh soils on the changes of total nitrogen, ammonium, nitrates as well as total and dissolved organic carbon in ground water.

2. Peatland located on secondary transformed peat moorsh soils acts in the direction of lowering nitrogen and carbon compounds in ground water.

3. Peatland decreases the concentration of the following compounds in ground water: nitrates 38.5 %, N-organic 10 %, N-total 24.5 %, ammonium 38.7 %, dissolved total carbon 33.1 %, dissolved total inorganic carbon 10 %, and dissolved organic carbon 57.5 %.

4. The transformation of different forms of nitrogen and carbon in ground water is strongly connected with the humification processes in peat.

Acknowledgements. Thanks are also given to Mrs. Teresa Stachecka for technical support.

References

1. Okruszko H. & Kozakiewicz A. Humification and mineralization as basic elements of the moorsh forming process of peat soils // *Zest. Probl. Post. Nauk Roln.* 1973. V. 146, P. 63-76.

2. Gotkiewicz J., Kowalczyk Z., & Okruszko H. Mineralization course of nitrogen and carbon compounds in basic kinds of moorshes and different moisture-oxygen contents // *Rocz. Nauk Roln. Ser. F.* 1975. V. 79, № 1, P. 131-150.

3. Maciak F. Nitrogen forms in moorshes and peats and their ability to mineralization // *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.* 1977. V. 186, P. 119-142.

4. Lipka K. Disappearance of reclaimed peatlands located near Rudnik, Leżajsk and Przeworsk // *Rocz. Nauk Roln. Ser. F.* 1978. V. 79, 4, P. 95-127.

5. Kwak J. C., Ayub A. L. & Shepard J. D. The role of colloid science in peat dewatering: principles and dewatering studies // *Peat and Water. Aspects of Water Retention and Dewatering in Peat.* Elsevier Applied Science Publishers, London. 1986. P. 95-118.

6. Sokołowska Z., Hajnos M., Borówko M. & Sokołowski S. Adsorption of nitrogen on thermally treated peat soils: the role of energetic and geometric heterogeneity // *J. Coll. Inter. Sci.* 1999. V. 219. P. 1-10.

7. Szajdak L. Chemical properties of peat // *Peatlands and Peat.* Wydawnictwo Akademii Rolniczej im. A. Cieszkowskiego. Poznań. 2002. P. 432-450.

8. Szajdak L., Matuszewska T. & Gawlik J. Effect of secondary transformation state of peat-muck soil on total amino acids content // *Int. Peat J.* 1998. V. 8. P. 76-80.

9. Szajdak L., Gawlik J. & Matuszewska T. The dependence of total and hydrophobic amino acids content upon secondary transformation state of peat-muck soils // *Wiadomości IMUZ*. 2000. XX/3. P. 75-90.

10. Sokołowska Z., Szajdak L. & Matyka-Sarzyńska D. Impact of the degree of secondary transformation on acid-base properties of organic compounds in mucks // *Geoderma*. 2005. V. 127. P. 80-90.

11. Zeitz J. & Velty S. Soil properties of drained and rewetted fen soils // *J. Plant Nutr. Soil Sci.* 2002. V. 165. P. 618-626.

12. Kondo R. Humus composition of peat and plant remains // *Soil Sci. Plant Nutr.* 1976. V. 20. P. 17-31.

13. Hatcher P. G., Spiker E. & Orem W.H. Organic geochemical studies of the peat humification process in low-moor peat // *Soil Biochemistry*. II. 1986. P. 195-213.

14. Lishtvan I.I., Bazin E.T., Gajunow N.I. & Terentiew A.A. Fizika and chemia torfa. Moskwa. Nedra. 1989. 304 p.

15. Maryganova V. & Szajdak L. Fluorescence spectra of peat humic and fulvic acids // *Roczniki Akademii Rolniczej w Poznaniu, CCCX, Melioracja i Inżynieria Środowiska*. 1999. V. I. P. 355-366.

16. Bambalov N., Smychnik T., Maryganova V., Strigutsky V. & Dite M. Peculiarities of the chemical composition and the molecular structure of peat humic substances // *Acta Agroph.* 2000. V. 26. P. 149-177.

17. Fuchsman C. H. The peat-water problem: reflection, perspective, recommendations // *Soil Biochemistry* II. 1986. P. 331-360.

18. Ilnicki P. Peatlands and Peat. Wydawnictwo AR im. A. Cieszkowskiego w Poznaniu. 2002. 606 p.

19. Howard-Williams C. & Downes M.T. Nitrogen cycling in wetlands // *Nitrate, Patterns, and Management*. II. 1993. P. 141-167.

20. Szajdak L., Maryganova V., Meysner, T. & Tychinskaja L. Effect of shelterbelt on two kinds of soils on the transformation of organic matter // *Environ. Inter.* 2002. V. 28 (5). P. 383-392.

21. Szajdak L., Życzyńska-Bałoniak I. & Jaskulska R. Impact of afforestation on the limitation of the spread of the pollutions in ground water and in soils // *Pol. J. Environ. Stud.* 2003. V. 12 (4). P. 453-459.

22. Życzyńska-Bałoniak I., Szajdak L. & Jaskulska R. Impact of biogeochemical barrier on the migration of chemical compounds with the water of agricultural landscape // *Pol. J. Envir. Stud.* 2005. V. 14/5. P. 131-136.

23. Okruszko H. The principles of the identification and classification of hydrogenic soils according to the need of reclamation // *Bibl. Wiad. MUZ.* 1976. V. 52. P. 7-53.

24. Systematyka Gleb Polski // *Rocz. Glebozn.* 1989. V. 40, P. 1-150.

25. World Reference Base for Soil Resources. 1998. World Soil Resources Report, 84. FAO-ISRIC-ISSS, Rome, P. 1-88.

26. Smolander A. & Kitunen V. Soil microbial activities and characteristics of dissolved organic C and N in relation to tree species // *Soil Biol. Biochem.* 2002. V. 34. P. 651-660.

27. Rowell D.L. *Soil Science: Methods and Applications*. Addison Wesley Longman Limited. Essex, England. 1994. P. 1-150.

28. Szajdak L. & Matuszewska T. Reaction of woods in changes of nitrogen in two kind of soil // *Pol. J. Soil Sci.* 2000. V. 33. P. 9-17.

29. Szajdak L. & Szczepański M. Impact of secondary transformation on physicochemical properties of humic substances from organic soils of Dezydery Chłapowski Agroecological Landscape Park // *Physic and Chemical Properties of Organic Soils*. SGGW, Warszawa. 2006. P. 57-64.

30. Qualls R.G. & Haines B.L. Fluxes of dissolved organic nutrients and humic substances in a deciduous forest // *Ecology*. 1991. V. 72/1. P. 254-266.

31. Puget P., Angers D.A. & Chenu C. Nature of carbohydrates associated with water-stable aggregates of two cultivated soils // *Soil Biol. Biochem.* 1999. V. 31. P. 55-63.

32. Lyon W.G. & Rhodes D.E. Molecular size exclusion by soil organic materials estimated from their swelling in organic solvents // *Environ. Toxicol. Chem.* 1993. V. 12. P. 1405-1412.

33. Altfelder S., Streck T. & Richter J. Effect of air-drying on sorption kinetics of the herbicide chlortoluron in soil // *J. Environ. Qual.* 1999. V. 28. P. 1154-1161.

34. Gude M., David M.B., Christ M.J., Kaupenjohann M. & Vance G. Carbon mobilization from the forest floor under red spruce in the Northeastern U.S.A // *Soil Biol Biochem.* 1996. V. 28 (9). P. 1181-1189.

35. Pignatello J.J. Sorption dynamics of organic compounds in soils and sediments. Reaction and movement of organic chemicals in soils // *SSSA Special Publication*. 1989. V. 22. P. 46-80.

36. Benedetti M.F., van Riemsdijk E.H. & Koopal L.K. Humic substances considered as a heterogeneous Donnan gel phase // *Environ. Sci. Technol.* 1996. V. 30. P. 1805-1813.

37. Guggenberger G. Eigenschaften und Dynamik gelüster organischer Substanzen (DOM) auf unterschiedlich immissionsbelasteten Fichtenstandorten // *Bayreuther Bodenkundl. Ber.* 1992. V. 26. P. 164-175.

38. Guggenberger G. & Kaiser K. Significance of DOM in the translocation of cations and acidity in acid forest soils // *Z. Pflanzenernähr. Bodenk.* 1998. V. 61. P. 95-99.

39. Marschner B. Sorption von polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffen (PAK) und polychlorierten Biphenylen im Boden // *J. Plant Nutr. Soil Sci.* 1999. V. 162. P. 1-14.

40. Reemtsma T., Bredov, A. & Gehring M. The nature and kinetics of organic matter release from soil by salt solutions // *Europ. J. Soil Sci.* 1999. V. 50. P. 53-64.

41. Leinweber P., Schulten H-R., Kalbitz K., Meissen R. & Jancke H. Fulvic acid composition in degraded fenlands // *J. Plant Nutr. Soil Sci.* 2001. V. 164. P. 371-379.

42. Kalbitz K., Geyer W. & Geyer S. Spectroscopic properties of dissolved humic substances – a reflection of land use history in a fen area // *Biogeochemistry.* 1999. V. 47. P. 219-238.

43. Kalbitz K., Geyer S. & Geyer W. A comparative characterization of dissolved organic matter by means of original aqueous samples and isolated humic substances // *Chemosphere.* 2000a. V. 40. P. 1305-1312.

44. Brooks P.D., McKnight D.M. & Bencala F.E. The relationship between soil heterotrophic activity, soil dissolved organic carbon (DOC) leachate, and catchment-scale DOC export in headwater catchments // *Water Resour. Res.* 1999. V. 35. P. 1895-1902.

45. Müller J., Miller M. & Kjüller A. Fungal-bacterial interaction on beech leaves: influence on decomposition and dissolved organic carbon quality // *Soil Biol. Bioch.* 1999. V. 31. P. 367-374.

46. Kalbitz K., Solinger S., Park J.-H. & Michalzik E. Controls on dynamics of dissolved organic matter in soils: a review // *Soil Sci.* 2000b. V.165. P. 277-304.

Часть II.

ВЫСТУПЛЕНИЯ

УЧАСТНИКОВ ШКОЛЫ

ВЛИЯНИЕ НОВЫХ ВИДОВ ОРГАНИЧЕСКИХ УДОБРЕНИЙ НА ОСНОВЕ ТОРФА НА БИОЛОГИЧЕСКУЮ АКТИВНОСТЬ, ПРОЦЕССЫ МИНЕРАЛИЗАЦИИ И ТРАНСФОРМАЦИИ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА ПОЧВЫ

Д.Л. Бобровская*, Л.В. Касимова**, А.В. Кравец**

* Томский государственный университет, г. Томск

** Сибирский научно-исследовательский институт сельского хозяйства и торфа СО РАСХН, г. Томск, sibniit@mail.tomsknet.ru

Выявлено повышение биологической активности почвы при внесении активированных торфо-минеральных удобрений в дозах 3т/га ТУ и 5т/га БУ, усиление процессов минерализации азотсодержащих органических веществ в 3-10 раз, фосфорсодержащих органических веществ в 1.5-7 раз. Трансформация органического вещества почвы протекала интенсивно: увеличилось содержание водорастворимого органического вещества по Тюрину, ФК и ГК достоверно превышало контроль в 1.2-2 раза.

Введение

Данная работа является продолжением исследований по влиянию органо-минеральных удобрений на основе активированных торфов на свойства серой оподзоленной почвы и урожай сельскохозяйственных культур [1] и посвящена оценке биологической активности, направленности процессов минерализации и трансформации органического вещества почвы.

Методика исследований

В опыте использованы новые виды органических удобрений, разработанных в СибНИИСХиТ СО РАСХН: микробиологически (БУ) и биохимически (ТУ) активированные торфо-минеральные удобрения. В БУ соотношение N:P:K задавалось 1.5:1.5:1.5, в ТУ – 4.5:4.5:4.5 на физическую массу торфа влажностью 65 %.

Исследования проводились на стационаре «Поросино». Почва стационара «Поросино» является серой лесной оподзоленной. Схема вегетационного и полевого опытов включала следующие варианты: 1. Контроль

(без удобрений); 2. Минеральный фон к ТУ (Фон -1); 3. ТУ – 3 т/га; 4. Минеральный фон к БУ (Фон -2); 5. БУ – 5 т/га.

Эффективность новых составов активированных торфо-минеральных удобрений оценивалась по приросту вегетативной биомассы пшеницы в вегетационном опыте и по приросту урожая картофеля в полевом опыте. Закладка полевого опыта осуществлялась по методике Б.Д. Доспехова [2], культура – картофель сорта «Невский»; вегетационного опыта – по методике А.В. Петербургского [3] в шестикратной повторности с пшеницей сорта Новосибирская-15.

Биологическая активность почвы определялась по двум методам:

- 1) по интенсивности минерализации ОВ почвы и выделению CO_2 ;
- 2) по показателям физиологической активности водных экстрактов из почвы [4].

Физиологическая активность почвенных экстрактов определялась биотестированием по методу «водных культур» с применением семян пшеницы. Свойства водного экстракта определяли по методикам [5].

Результаты исследований

В вегетационном опыте при внесении БУ и ТУ физиологическая активность увеличилась и превышала контроль на протяжении всего периода. Максимальная интенсивность дыхания наблюдалась в варианте с ТУ и достигала 35 %, в варианте с БУ – 9 % к контролю.

Биологическая активность почвы, определенная по показателям физиологической активности водных экстрактов, в значительной степени различалась в вегетационном и полевом опытах. В вегетационном опыте внесение БУ и ТУ не оказало положительного влияния на физиологическую активность почвенных экстрактов. Показатели прироста вегетативной корневой массы оставались на уровне контроля. Отсюда следует вывод, что исследуемые составы активированных торфов, содержащие минеральные удобрения, требуют дальнейшей доработки.

В полевом опыте внесение активированных торфо-минеральных удобрений оказало положительное влияние на физиологическую активность водных экстрактов: все варианты опыта превышали контрольный вариант. При внесении ТУ физиологическая активность повысилась на 42 % по биомассе и на 33 % – по массе корней. При внесении БУ прирост массы корней достиг 65 %, биомассы – 49 % к контролю. Микробиологически активированные торфо-минеральные удобрения обеспечили более высокие показатели физиологической активности, чем ТУ. Выявлено положительное влияние активированной торфяной составляющей в БУ по сравнению с фоновым значением.

Водные экстракты из почвы использованы для изучения процессов минерализации и трансформации органического вещества почвы при внесении активированных торфо-минеральных удобрений. Об интенсивности процессов минерализации азот-, фосфорсодержащих органических веществ судили по изменению содержания минерального азота и фосфора в водном экстракте из почвы.

Минерализация азотсодержащего органического вещества почвы. В условиях вегетационного опыта достоверное повышение (в 3-10 раз) содержания аммонийного азота в вариантах с БУ и ТУ свидетельствует об усилении процессов минерализации азотсодержащих органических веществ почвы. Присутствие биологически активной торфяной составляющей в ТУ и БУ достоверно повышало (на 15-87 %) содержание $N-NH_4$ относительно соответствующих вариантов минеральных удобрений (Фон – 1, Фон – 2). В условиях полевого опыта содержание аммонийного азота изменяется незначительно с внесением БУ и ТУ. В вегетационном опыте содержание нитратного азота в контрольном варианте превышало содержание аммонийного азота в 5 – 16 раз, это свидетельствует о преобладании в почве процессов нитрификации. Внесение ТУ и БУ достоверно повысило содержание $N-NO_3$ соответственно на 22 и 45 % относительно контроля.

В полевом опыте содержание аммонийного (6.42-7.82 мг/кг) и нитратного азота (5.99-12.73 мг/кг) в контрольном и опытных вариантах примерно одинаково. Можно предположить, что между процессами нитрификации и аммонификации существует равновесие. Наибольшее влияние на содержание нитратного азота (в 1.5 раза) оказало внесение 3 т/га ТУ.

Минерализация фосфорсодержащего органического вещества почвы. Во всех исследуемых вариантах полевого и вегетационного опытов отмечено достоверное увеличение содержания фосфора в 1.5 – 7 раз относительно контрольного варианта.

Трансформация органического вещества почвы. Направленность процессов трансформации органического вещества почвы отслеживалась по содержанию водорастворимого органического вещества (Св.р.), определяемого по Тюрину, а также по содержанию гуминовых и фульвокислот.

Можно констатировать, что в вегетационном опыте интенсивность трансформации органического вещества достаточно высокая во всех вариантах опыта в течение всего периода вегетации: значения Св.р. всех опытных вариантов достоверно превысили контрольные (в 1.2-2 раза). Внесение БУ и ТУ обеспечило большее накопление Св.р. по сравнению с фоновыми вариантами.

Содержание фульвокислот в течение вегетации достоверно отличалось от контроля в вариантах с внесением активированных торфо-минеральных

удобрений и достигало 17.55 – 17.80 мг/л. Содержание гуминовых кислот изменялось слабо (2.37 мг/л – БУ и 2.77 мг/л – ТУ).

Полевой опыт характеризовался более низкими показателями интенсивности трансформации органического вещества почвы. Внесение БУ повысило содержание Св.р. до 603 мг/кг или в два раза, в том числе содержание фульвокислот на 13 % по сравнению с контролем. При этом гуминовый комплекс практически остался не затронутым: содержание гуминовых кислот было на уровне контрольного варианта.

Заключение

Установлено повышение биологической активности почвы при внесении 3т/га ТУ на 35 %, 5т/га БУ на 9 % к контролю.

При внесении ТУ физиологическая активность водных экстрактов из почвы повышалась на 33-42 %, при внесении БУ – на 49-65 % к контролю.

Отмечено повышение интенсивности процессов минерализации азот-содержащих органических веществ почвы в 3-10 раз, фосфорсодержащих органических веществ – в 1.5-7 раза.

Достоверно выявлена высокая интенсивность трансформации органического вещества почвы по содержанию водорастворимых органических веществ, фульвокислот и гуминовых кислот.

С помощью корреляционного анализа определён высокий коэффициент корреляции между урожайностью и содержанием N-NH₄ ($r = 0.88$), N-NO₃ ($r = 0.82$), физиологической активностью ($r = -0.72$), органической массой ($r = 0.87$) и гуминовыми кислотами ($r = 0.95$).

Литература

1. Бобровская Д.Л., Касимова Л.В., Кравец А.В. Влияние органоминеральных удобрений на основе активированных торфов на свойства серой оподзоленной почвы и урожай сельскохозяйственных культур // Бюллетень и биосфера. Томск. 2006. С. 148-152.
2. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. М.: Агропромиздат, 1985. С. 191 – 347.
3. Клечковский В.М., Петербургский А.В. Влияние кислотности на рост и развитие растений и микробиологические процессы почвы // Агрохимия. М.: Изд-во «Колос», 1967. С.137-143.
4. Физико-химические методы исследования почв. Адсорбционные и изотопные методы. М.: Наука, 1966. 198 с.
5. Аринушкина Е.В. Руководство по химическому анализу почв. М.: Изд-во МГУ, 1970. 350с.

Influence of new kinds of organic fertilizers on the basis of peat on biological activity, processes of the mineralization and transformation of organic substance of soil

D.L. Bobrovskaja, L.V. Kasimova, A.V. Kravets

Increase of biological activity of soil is revealed at entering the activated peat-mineral fertilizers into dozes 3t/h TU and 5t/h BU, amplification of processes of a mineralization nitrogen containing organic substances at 3-10 time, phosphorus containing organic substances in 1.5-7 times. Transformation of organic substance of soil proceeded intensively: the contents of water-soluble organic substance on Turin, fulvic and humic acids authentically exceeded the control in 1.2-2 times.

БАКЧАРСКОЕ ЖЕЛЕЗОРУДНОЕ МЕСТОРОЖДЕНИЕ

**И.Б. Бондарчук, И.М. Иванюк, Р.О. Гринев,
И.В. Федяева, В.И. Лунев, В.С. Скобельский, А.И. Усенко**
ООО научно-производственное объединение «ТомГДК руда», г. Томск

Общество с ограниченной ответственностью «Научно-производственное объединение «Том ГДК руда» (ООО НПО «Том ГДК руда») имеет сквозную лицензию на проведение поисково-оценочных, геолого-разведочных и добычных работ на Польшанском участке Бакчарского железорудного месторождения Томской области.

Скважинная мелиорация Васюганского болота на лицензионном участке Бакчарского железорудного месторождения

С 2005 года по настоящее время на этом участке проводится разведочное бурение, идет подготовка запасов железных руд для постановки их на баланс в ГКЗ РФ. Одновременно разрабатывается необходимая проектная и научно-техническая документация для освоения этой части месторождения. Предпроектными соображениями НПО «Том ГДК руда» предусматривается двухэтапная схема разработки Польшанского участка: сначала месторождение планируется обрабатывать способом скважинной гидродобычи руды с годовой производительностью по руде 1-5 млн. т, а на

втором этапе – сухоройным карьером с годовой производительностью по руде 30-60 млн. т.

При этом, в обоих случаях, предполагается использование выемочных камер добычных скважин для аккумуляции поверхностных и внутрипластовых вод, то есть для фактической мелиорации Васюганского болота на прилегающей к карьеру территории. Ввиду оригинальности предложенной скважинной мелиорации, целесообразно кратко изложить суть скважинной гидродобычи.

Скважинная гидродобыча (СГД) – метод подземной добычи полезных ископаемых, основанный на приведение полезного ископаемого на месте залегания в состояние гидросмеси путем воздействия рабочего агента и выдачи ее на поверхность через скважины [1].

Основные преимущества СГД:

- делает экономически целесообразной разработку месторождений со сложными горно-геологическими и горнотехническими условиями: расположенных под озерами, руслами рек, болотами, под застроенными территориями; с очень сложными гидрогеологическими условиями; залегающих на большой глубине; имеющих очень малые запасы, которые экономически не выгодно обрабатывать традиционным способом (открытым или подземным);
- возможность применения мобильного и автономного скважинного гидродобычного комплекса;
- использование серийного технологического оборудования (буровые станки, насосы, компрессоры с электрическим и дизельным приводами);
- высокий уровень безопасности при производстве горных работ.

Сырьевой базой для СГД являются месторождения, представленные легко разрушаемыми породами, к которым относятся осадочные месторождения строительных и стекольных песков, золота, алмазов, олова, титана, фосфоритов, урана,

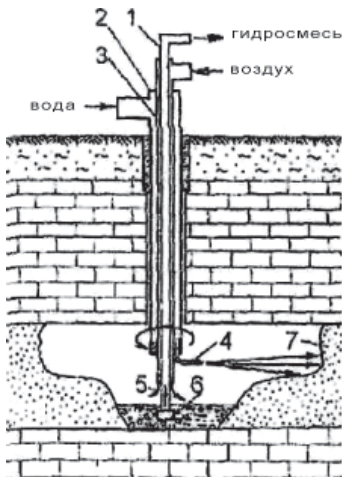


Рис. Технологическая схема скважинной гидродобычи полезных ископаемых:

- 1 – пульпоподъемная колонна;
- 2 – водоподающая колонна;
- 3 – воздухоподающая колонна;
- 4 – гидромонитор;
- 5 – клапан для выпуска сжатого воздуха;
- 6 – всас;
- 7 – пласт полезного ископаемого

мягкие бокситовые и марганцевые руды, зоны выветривания железистых кварцитов, месторождения угля и битуминозных песчаников и т.п.

Основные технологические процессы при СГД: вскрытие месторождения с помощью скважин, монтаж и демонтаж скважинного гидродобывочного оборудования, гидравлическое разрушение горных пород, доставка разрушенных пород в виде гидросмеси к скважине и подъем (транспортирование) их по скважине на поверхность, обогащение, складирование продуктов обогащения и очистка технологической воды.

Отработка месторождений полезных ископаемых методом СГД ведется через одиночные скважины или системой взаимодействующих скважин. Один из вариантов технологической схемы СГД [2] представлен на рисунке.

Основные технологические и технические данные по СГД, достигнутые на практике [3], представлены в таблице.

Таблица

Основные технологические и технические данные по СГД, достигнутые на практике

Параметры	Значения
Глубина разработки, м	80-1500*
Диаметр эксплуатационной скважины, мм	132-500
Мощность рудного тела, м: • минимальная • максимальная	0.1 нет ограничений
Напор рабочей жидкости, Мпа	5-25
Расход рабочей жидкости, м ³ /ч	40 – 300
Гидроразрушение при прочности массива, Мпа: • в естественном залегании • после предварительного взрывного дробления	до 5 нет ограничений
Наружный диаметр добычных снарядов, мм	73,89,168,273,377
Радиус размыва, м, не более	25
Производительность гидродобычи, м ³ /ч	10-100
Максимальная освоенная в России глубина – 800 м достигнута при разработке железных руд Курской магнитной аномалии.	

При мощности продуктивного пласта железных руд в 50 м и гарантированном радиусе размыва в 20 м объем выемочной камеры достигает 62.8 тыс.м³. Планируемый объем бурения скважин для СГД – 500 – 8000 скважин. Эти параметры гарантируют утилизацию болотных вод в объеме до 10⁸ м³.

Болотные агенты в гидродобыче металлов их бакчарских руд

Исследования получения железа из руд нетрадиционными методами начали проводиться еще в середине прошлого века [4-6].

Для окисленных оолитовых руд типа бакчарских, лисаковских, ниже-ангарских методы прямого получения железа из них имеют важное значение, т.к. такие руды труднообогащаемы вследствие тончайшего срастания рудных и нерудных минералов и незначительной разницы в их удельных весах, что не позволяет получать концентраты, отвечающие требованиям металлургов к доменному сырью, гравитационными, флотационными, магнитными и другими методами обогащения.

Лабораторными опытами на бакчарских рудах установлено, что наиболее высокие технологические показатели могут быть получены по восстановительно-обжиг-магнитной схеме [7], методом прямого восстановления [5, 6] и непосредственным выщелачиванием железа из руд [4, 8].

Обнаруженные позднее в бакчарских рудах примеси редких, рассеянных и благородных металлов [9], извлечение которых возможно только по гидрометаллургической технологии, значительно повышает интерес к вопросу выщелачивания металлов из этих руд.

Томская горнодобывающая компания и Томский политехнический университет на основе соглашения выполняют совместную разработку оригинальных технологий выщелачивания в процессе комплексного освоения Бакчарского месторождения оолитовых железных руд на основе применения гуминовых кислот, получаемых из местных месторождений торфа Васюганских болот, не имеющих аналогов в мировой практике (см. материалы и научные публикации Томской горнодобывающей компании за период 2001-2007 гг.).

Значительный объем растворов для выщелачивания железа, а также, попутно, фосфора и ванадия можно создать при разработке торфяных месторождений. По составу эти растворы разделяются на:

- торфяные воды;
- торфяные воды, обогащенные углекислотой;
- гидролизаты, полученные при мокром обугливание торфа;
- гидролизаты, полученные при гидролизе слабыми или концентрированными кислотами;
- подсмольные воды: – полученные при бескислотном и кислотном гидролизе торфа;
- полученные при сухой перегонке древесины и торфа;
- полученные при металлургическом переделе торфорудных концентратов.

Разумеется, все эти воды, пригодные для использования в качестве продуктивных растворов, могут доукрепляться органическими (полученными также при переработке торфов) или неорганическими кислотами. Значительную часть этих растворов можно использовать для бактериального выщелачивания железных руд, поскольку они могут служить поставщиком питательных органических веществ (в основном углеводов) для микроорганизмов. Возможность восстановления трехвалентного железа, находящегося в рудах и трудно растворимого, бактериальным сообществом доказана большим количеством экспериментальных работ и полевых наблюдений. Механизм бактериального восстановления трехвалентного железа до конца не ясен. Существует несколько точек зрения, но наиболее вероятным представляется восстановление трехвалентного железа выделяющимся в процессе брожения водородом, который, соединяясь с бикарбонат-ионом HCO_3^- , масляной и уксусной кислотами, переходит в раствор.

При применении в качестве рабочего раствора подсмольных вод восстановителями трехвалентного железа в двухвалентное для лучшего перевода его в раствор могут выступать фенолы, а растворителями достаточное количество низкомолекулярных органических кислот, которые дают хорошо растворимые соли с двухвалентным железом. При этом следует иметь в виду, что подсмольные воды представляют экологически вредные отходы производства при переработке торфов и их использованию и обезвреживанию посвящено много работ. Несмотря на то, что из них можно получать очень много полезных продуктов, до сих пор не найдено простых, экономически выгодных схем их переработки. Поэтому их использование в качестве основы для выщелачивающих растворов при подземной добыче железных руд могут обуславливать рентабельность переработки торфа или торфорудных концентратов.

Таким образом, в качестве продуктивных растворов для выщелачивания железа может быть использован ряд продуктов, полученных при переработке торфяных месторождений.

Вопрос извлечения редких и благородных металлов Томская горнодобывающая компания предполагает решить на основе проведения совместных работ с ВНИИХТом, уже имеющим большой положительный опыт выполнения подобных работ.

В результате проведенных исследований будут получены новые, не имеющие аналогов в мире, экологически безопасные способы добычи и комплексной переработки железных руд Бакчарского месторождения с получением железа, ванадия, фосфора редких и благородных металлов.

«Болотное железо» и Бакчарский проект (прометаллургическое применение торфа)

При проведении археологических раскопок на территории карельских болот были обнаружены находки железных изделий (холодное оружие и бытовые принадлежности). Металл отличался особым качеством и поэтому был назван «болотным железом», так как ученые предположили, что он был получен с использованием местного сырья – железной руды и торфа. Позже эта догадка была подтверждена современными уральскими железоделателями, сумевшими получить на базе торфа «дамасскую сталь», а во второй половине XX века томские ученые создали научную базу для технологии получения из местного сырья «болотного железа».

Лабораторными исследованиями обогатимости руд Бакчарского месторождения было установлено, что они относятся к категории труднообогатимых, а полученные концентраты имеют низкое содержание железа. В ранее рассмотренных вариантах промышленного освоения месторождения предлагался традиционный путь: добыча-обогащение (несколько вариантов) – агломерация – доменная печь – конвертер, что требовало значительных капитальных и эксплуатационных затрат. Снизить их возможно лишь при условии использования местных видов топлива (торфа). Технология комплексного использования торфа для металлургического передела бакчарских руд была разработана профессором ТПУ С.И. Смольяниновым и сотрудниками кафедры.

Томская горнодобывающая компания разрабатывает технологию производства металлизированных окатышей, получаемых путем восстановительного обжига, что позволит повысить содержание железа до 60-61 % и повысить извлечение металла из руды.

Для проведения восстановительного процесса при магнетизирующем обжиге могут быть использованы газообразный (продукты неполного сгорания природного газа) или твердый (торф, уголь) восстановители. Выбор оптимального вида восстановителя предопределяется их наличием в регионе, в котором находится железорудное месторождение. При наличии в Томской области огромных запасов торфа в непосредственной близости от Бакчарского железорудного проявления не вызывает сомнений, что обжигмагнитное обогащение бурых железняков будет с экономической точки зрения весьма эффективно по сравнению с другими методами обогащения.

Параллельно с решением проблемы обжигмагнитного обогащения решается и проблемы обесфосфоривания железорудного концентрата, что дает возможность получения металла в одностадийном сталеплавильном переделе.

Литература

1. Арене В.Ж. Физико-химическая геотехнология: Учебное пособие. М.: Изд.МГГУ, 2001. 656 с.
2. Арене В.Ж., Исмагилов Б.В., Шпак Д.Н. Сквaziнная гидродобыча твердых полезных ископаемых. М.: Недра, 1980. 229 с.
3. Бабичев Н.И., Николаев А.Н. Сквaziнная гидравлическая технология – основа высокоэкономичных малых предприятий по добыче твердых полезных ископаемых. // Горный журнал. 1996. № 4. С. 5-12.
4. Чинакал Н.А., Барышников Ф.А., Барышников О.Ф. К вопросу обогащения окисленных железных руд методом прямого восстановления и магнитной сепарации. // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. Изд-во «Наука» СО АН СССР, 1966, №3.
5. Чинакал Н.А., Барышников Ф.А., Рузинова И.Л. Извлечение железа из окисленных руд методом выщелачивания. // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. Изд-во «Наука» СО АН СССР, 1967. №2.
6. Шитов А.А. Прямое получение железа их руд в США./Металлургическая и горнорудная промышленность, 1962. № 1.
7. Быков М.С., Бородин Л.В. и др. Исследование обогатимости и определение возможного пути металлургического передела железной руды Бакчарского месторождения. // Западно-Сибирский железорудный бассейн, РИО СО АН СССР, 1964.
8. Тепляков И.М., Домаренко В.А., Молчанов В.И. О возможности применения метода ПВ с использованием минеральных кислот при комплексном освоении Западно-Сибирского железорудного бассейна (на примере Бакчарского месторождения). // Материалы научно-практической конференции. Проблемы и перспективы развития минерально-сырьевой базы и предприятий ТЭК Сибири, Томск, 2005.
9. Пшеничкин А.Я., Коробейников А.Ф., Колпакова Н.А.. К вопросу об оценке осадочных железных руд Бакчарского месторождения на благородные металлы. Томский политехнический институт, Томск, 1998.

ЭМИССИЯ МЕТАНА С ТОРФЯНЫХ ЗАЛЕЖЕЙ ИЛАССКОГО БОЛОТНОГО МАССИВА АРХАНГЕЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ

Д.Н. Гарькуша*, Ю.А. Фёдоров**, И.А. Лысых**

* Гидрохимический институт, г. Ростов-на-Дону,

** Южный Федеральный Университет, г. Ростов-на-Дону,
gardim1@yandex.ru

Для летнего периода приведены результаты измерений эмиссии метана и его содержания в торфяных залежах олиготрофного болотного массива Иласское.

Важнейшая задача современной науки состоит в объяснении и прогнозировании климатических изменений, связанных с увеличением содержания в атмосфере парниковых газов, в основном диоксида углерода и метана. Около 80 % поступающего в атмосферу метана образуется в процессе современного метаногенеза [1]. От 25 до 30 % общей глобальной эмиссии метана приходится на долю переувлажненных земель [2, 3], в состав которых входит один из самых мощных источников метана – верховые болота, широко распространенные в бореальной зоне Северного полушария (Россия, Скандинавия, США, Канада). По разным оценкам на верховые болота приходится от 32 % (с учетом грядово-мочажинных и грядово-озерковых комплексов [4]) до 48 % [5] болот России. Несмотря на значительные площади, занимаемые этими болотами [4], натурных определений потоков метана здесь практически не проводилось, что не позволяет дать адекватную оценку вклада болотных экосистем данного региона в глобальную эмиссию метана в атмосферу.

Целью нашей работы являлось определение эмиссии метана и его содержания в грядово-мочажинных и грядово-озерковых комплексах, занимающих господствующее положение в верховых болотах Архангельской области.

Методика исследований

Исследования проводились в июле 2006 г. на территории Иласского болотного массива, расположенного в пределах приморского района Архангельской области (в 20 км на юго-восток от г. Архангельска), на водоразделе рек Брусовица, Шухта, Бабыя и ручья Илас в бассейне р. Северной Двины. Болото Иласское представляет собой систему простых болотных массивов, находящихся на стадиях плоско-выпуклых олиготрофных грядово-мочажинных болотных массивов с озерково-мочажинными центральными час-

тиями. Болотная система в целом является характерным представителем архангельского типа прибалтийской провинции торфяников [6], занимающих значительные площади в Архангельской и смежных с нею областях.

По данным болотной станции Брусовица болото Иласское занимает площадь ~ 89 км². Наибольшим распространением (27.4 % от площади болота) пользуется грядово-озерковый комплекс, до 50 % площади которого занимают бесчисленные озера размерами до 0.002 км² и глубинами от 0.50 до 2.0 м. Несколько менее распространен грядово-мочажинный комплекс (17.2 %), 50-60 % площади которого занимают гряды. Заметное место принадлежит сфагновикам: пушицево-кустарничковому с единичными соснами (16.3 %), кустарничково-пушицевому с редкой сосной (12 %) и сосново-пушицевому (10.4 %). Прочие микроландшафты (топяные, моховые и лесные) занимают незначительные площади – от 2-3 % до долей процента.

Торфяная залежь, подстилая супесями и суглинками, сложена в основном верхними торфами, среди которых преобладает фускум-торф. Средняя мощность залежи составляет для грядово-озеркового комплекса 4.28 м, для грядово-мочажинного комплекса – 3.16 м. Максимальная мощность торфа отмечена в грядово-озерковом микроландшафте и превышает 7 м. Степень разложения торфа невелика, в верхней половине разреза 10-15 %, в нижней – до 20-25 %.

Наблюдения заключались в определении эмиссии метана в атмосферу, а также его концентраций в болотных водах и верхнем (0-5 см) слое торфа. Все работы были сосредоточены в грядово-озерковом и грядово-мочажинном комплексе. Отбор проб и последующее определение в них содержания метана выполнялось парофазным газохроматографическим методом по методике, разработанной и применяемой в Гидрохимическом институте [7].

Эмиссию метана с поверхности болотного массива измеряли камерным методом с помощью накопительных камер – ловушек. Камеры изготавливали из пластиковых цилиндрических сосудов внутренним диаметром 100 мм. Основание удаляли. Горлышко завинчивали пластиковой крышкой с вырезанным отверстием для отбора пробы. В крышку для герметизации предварительно вставляли плотную и эластичную резиновую прокладку. На боковую поверхность емкости нанесены кольцевые метки, соответствующие накопительной емкости камеры в 100, 200, 300 см³. Перед измерением камеру устанавливали на поверхность болота, погружая ее в торфяную залежь до заданной метки, при этом крышку камеры оставляли открытой на 20-30 минут для удаления метана, который «выдавливается» из почвы при врезании камеры. Затем отверстие камеры закрывали крышкой, через которую шприцем отбирали пробы воздуха объемом 2 мл: сразу после начала инкубации, а затем через каждые 30 минут. Время экспозиции в точках наблюдения составляло 1-2 часа, а измеренные потоки усредняли.

Отобранные пробы газа вводили в стандартные стеклянные флаконы, заполненные водой с консервантом (HgCl_2), для парофазного анализа. Поток метана рассчитывали по скорости изменения концентрации метана в камере (по коэффициенту линейной регрессии).

Результаты исследований

В исследованных микроландшафтах Иласского болотного массива эмиссия метана варьировала от 0.0 до 9.84 мг/(м² час) (табл.). Минимальные скорости его выделения в атмосферу (до 0.3 мг/м² час) были характерны для гряд. На 2-х из 5-ти исследованных участках гряд эмиссия метана вообще не зафиксирована. Наибольшие потоки газа наблюдались с поверхности мочажин, где их величины изменялись в диапазоне 2.63-9.84 мг/м² час, с максимальными значениями в сфагново-пушицевых мочажинах с открытой водной поверхностью (слой воды над торфяной залежью до 2-3 см, а содержание метана в воде и торфе соответственно достигало 1205.4 мкл/л и 0.44-2.75 мкг/г влажного веса). Скорость эмиссии метана в атмосферу с поверхности озерков занимала промежуточные значения между интенсивностью потоков с поверхности мочажин и гряд (0.59-1.46 мг/м² час). Содержание метана в воде и торфе озерков рядом с камерами-ловушками (слой воды до 15 см) варьировало соответственно в пределах 165.4-308.0 мкл/л и 0.07-0.29 мкг/г.

Таблица

*Эмиссия метана и его содержание в воде и торфе
Иласского болотного массива*

Микроландшафт	Содержание метана		торф, мкг/г
	Поток метана, мг/(м ² час)	вода, мкл/л	
Грядово-озерковый комплекс, озера (до 1000 м ²)	<u>165.4-308.0</u> * 219.6 (3)	<u>0.07-0.29</u> 0.15 (5)	<u>0.59-1.46</u> 1.12 (3)
Грядово-мочажинный комплекс: Мочажины, сфагново-пушицевые и сфагново-шейхцериевые, сильно увлажненные, с открытой водной поверхностью и без Гряды кочковатые, сфагново-кустарничковые и сфагново-кустарничково-лишайниковые, облесенные сосной	1205.4 (1) -	<u>0.44-2.75</u> 1.00 (5)	<u>2.63-9.84</u> 7.41 (4)
		<u>0.03-0.09</u> 0.06 (5)	<u>н.о.-0.30</u> 0.14 (5)

Примечание: * В числителе – пределы изменения; в знаменателе – среднее значение; в скобках – количество измерений

В целом (исключая отдельные участки) отмечается достаточно тесная прямолинейная связь ($r = 0.64$) между концентрацией метана в 0-5 см горизонте торфяной залежи и его потоками в атмосферу с поверхности изученных микроландшафтов. Эта зависимость требует дальнейшего уточнения на более представительном материале. Следует отметить, что ранее авторами [7] в серии натурных экспериментов в прибрежной зоне рек Дон, Темерник, Мертвый Донец, а также Таганрогского залива получена формула, аппроксимирующая зависимость между концентрацией метана в поверхностном 0-5 см слое донных отложений и его потоком из них ($r = 0.85$; $P < 0.01$), которая в последствии была подтверждена и усовершенствована в ходе исследований на иловых площадках очистных сооружений г. Ростова-на-Дону [8].

Таким образом, скорость эмиссии метана в атмосферу с поверхности грядово-мочажинных и грядово-озерковых комплексов Иласского болотного массива в период исследования варьировала в пределах 0.0-9.84 мг/(м² час), что по значениям сопоставимо с данными по эмиссии метана болотами и заболоченными участками западносибирской таежной области, а также российской и американской тундры [9-16]. Наиболее активное выделение метана наблюдается с поверхности сильно увлажненных мочажин, особенно в мочажинах с открытой водной поверхностью, минимальные с поверхности гряд. Меньшая обводненность гряд способствует большей аэрации их поверхности, увеличению интенсивности метаноокисления [12, 17] и, как следствие, снижению эмиссии метана. Более низкая величина эмиссии метана в озерах, по сравнению с мочажинами, вероятно, обусловлена значительно меньшей мощностью запасов торфа под озерами в точках постановки эксперимента (мощность толщи торфа ~1.5 м).

Грядово-мочажинные и грядово-озерковые комплексы, занимающие господствующее положение в верховых болотах Архангельской области, являются наряду с топяными микроландшафтами наиболее мощными источниками выделения метана в болотных экосистемах. Расчеты показывают, что за 6 месяцев (апрель-октябрь) без снежного покрова количество метана, выделенного только исследованными грядово-мочажинными и грядово-озерковыми комплексами Иласского болотного массива, составит в среднем 418 тыс. мг м³. Если распространить это значение на все болота Архангельской области, общая площадь которых составляет около 844 тыс. га (или 14.3 % от площади области), и принять, что эти комплексы составляют такую же долю, как и в Иласском болоте, то выделение метана в атмосферу только грядово-мочажинными и грядово-озерковыми комплексами болот области составит ~400 млн. мг м³/год. Эта величина сопоставима с общей эмиссией метана (458 млн. м³/год) природными и антропогенными источниками Ростовской области с населением 4,5 млн. человек, основной вклад в которую вносят свалки ТБО и очистные соору-

жения канализации городов и поселков (44 %), угольные шахты (25.5 %), животноводство (13.1 %) и водные экосистемы (16.5 %) [18].

Работа выполнена при финансовой поддержке грантов НШ-4717.2006.5 и РФФИ № 06-05-64504.

Литература

1. Matthews E. Wetlands // Atmospheric methane: sources, sinks and in global change / Ed. Khalil M.A.K. Berlin: Springer, 1993. Series I. Chapter 15. P. 315-361.
2. Bridges E.M., Batjes N.H. Soil gaseous emission and global climatic change // Geography. 1996. V. 81 (2). P. 155-169.
3. Wang Z., Zend D., Patrich W.H. Methane emissions from natural wetlands // Env. Monitor. and Asses. 1996. V. 42. P. 143-161.
4. Вомперский С.Э., Сиринов А.А., Цыганова О.П., Валяева Н.А., Майков Д.А. Болота и заболоченные земли России: попытка анализа пространственного распределения и разнообразия // Известия РАН, сер. Географ. 2005. № 5. С. 39-50.
5. Боч М.С., Кобак К.И., Кольчугина Т.П., Винсон Т. Содержание и скорость аккумуляции углерода в болотах бывшего СССР // Бюлл. Моск. о-ва испытателей природы. Отд. Биол. 1994. Т. 99. Вып. 4. С. 59-69.
6. Кац Н.Я. Болота земного шара. М.: Наука, 1971. 295 с.
7. Фёдоров Ю.А., Тамбиева Н.С., Гарькуша Д.Н., Хорошевская В.О. Метан в водных экосистемах. Ростов-на-Дону – Москва: Ростиздат, 2005. 329 с.
8. Гарькуша Д.Н., Трофимов М.Е., Фёдоров Ю.А. Усовершенствование формулы расчёта потоков метана в системе “донные отложения–вода–атмосфера” с применением новых экспериментальных данных // Сб. тр. II науч.-практ. конф. “Экологические проблемы. Взгляд в будущее”. Ростов-н/Д: Изд-во “Ростиздат”, 2005. С. 32-35.
9. Слободкин А.И., Паников Н.С., Заварзин Г.А. Образование и потребление метана микроорганизмами в болотах тундры и средней тайги // Микробиология. 1992. Т. 61. № 4. С. 683-695.
10. Паников Н.С. Таежные болота – глобальный источник атмосферного метана // Природа. 1995. № 6. С. 14-25.
11. Десятков Б.М., Бородулин А.И., Махов Г.А., Котлярова С.С., Сарманов С.Р. Оценка эмиссии болотного метана по его концентрации в приземном слое атмосферы // Метеорология и гидрология. 1998. № 8. С. 67-73.
12. Гальченко В.Ф., Дулов Л.Е., Крамер Б., Конова Н.И., Барышева С.В. Биогеохимические процессы цикла метана в почвах, болотах и озерах Западной Сибири // Микробиология. 2001. Т. 70. № 2. С. 215-225.

13. Берестовская Ю.Ю., Русанов И.И., Васильева Л.В., Пименов Н.В. Процессы образования и окисления метана в почвах заполярной тундры России // Микробиология. 2005. Т. 74, № 2. С. 261-270.

14. Сергеева М.А., Задорожная С.В. Образование и эмиссия метана в торфяных залежах олиготрофного болота // Болота и биосфера: Сб. материалов Пятой Научной Школы (11-14.09.2006 г.). Томск: Изд-во ЦНТИ, 2006. С. 238-244.

15. Bartlett K.B., Crill P.M., Sass R.L., Harriss R.C., Dise N.B. Methane emissions from tundra environments in the Yukon-Kuskokwim Delta Alaska // J. Geophys. Res. D. 1992. V. 97. № 15. P. 16645-16660.

16. Fan S.M., Wofsy S.C., Bakwin P.S., Jacob D.J., Anderson S.M., Ke-babain P.L., McManus J.B., Kolb C.E. Micrometeorological measurements of CH₄ and CO₂ exchange between the atmosphere and subarctic tundra // J. Geophys. Res. 1992. V. 97. № 15. P. 16627-16643.

17. Гальченко В.Ф. Метанотрофные бактерии. М.: ГЕОС, 2001. 500 с.

18. Фёдоров Ю.А., Гарькуша Д.Н., Трофимов М.Е. Метан городских агломераций и его вклад в общую эмиссию (на примере Ростовской области) // Тр. 3-й Междун. конф. "Экологические и гидрометеорологические проблемы больших городов и промышленных зон". Санкт-Петербург: Изд-во РГГМУ, 2005. С. 51-52.

Methane emission from the peat deposits of the Ilassky wetland of Arkhangelsk region

D.N. Garkusha, Y.A. Fedorov, I.A. Lysikh

For the summer season the results of study of the methane emission and distribution of its concentrations in the peat deposits of the oligotrophic Ilassky wetland are presented.

ИЗМЕНЕНИЕ СОСТАВА И СВОЙСТВ ГУМИНОВЫХ КИСЛОТ ТОРФОВ ПРИ МИКРОБИОЛОГИЧЕСКОЙ АКТИВАЦИИ

М.В. Гостищева*, **М.А. Сергеева***, **А.И. Щеголихина****, **М. Easterlin*****

*Томский государственный педагогический университет, г. Томск,
mariagos@yandex.ru

**Томский государственный университет, г. Томск,
a.shchegolikhina@yahoo.com

***The University of North Carolina, Pembroke, len.holmes@uncp.edu

*На основании данных исследования ферментативной активности торфов, а также элементного состава и инфракрасных спектров гуминовых кислот показано, какие изменения происходят в составе гуминовых кислот торфов после микробиологической активации гумусора разрушающей микрофлорой рода *Rhodococcus*. Отмечено увеличение выхода гуминовых кислот из микробиологически активированных торфов и изменение их свойств.*

Гуминовые кислоты (ГК) широко распространены в окружающей среде и в последнее время их широко используют в промышленности, животноводстве и медицине. Экспериментальные исследования последних лет [1-9] подтвердили терапевтическую ценность ГК торфа в качестве адаптогенов, обладающих антиоксидантными, антитоксическими, радиопротекторными, антимуtagenными и другими свойствами. К настоящему времени установлены общие принципы строения и свойств ГК почв, торфов, углей и сапропелей [10-16 и др.], а именно: наличие ароматических ядер, составляющих основу систем полисопряжения, боковых цепей и функциональных групп. Важнейшая генетическая особенность ГК торфов – зависимость их состава и свойств от химического состава растений-торфообразователей и, прежде всего, от содержания в них лигнина. Источниками ароматических структурных единиц для построения молекул гуминовых кислот являются ароматические вещества, синтезируемые микроорганизмами. Но ферментативный аппарат микроорганизмов может выполнять и обратную функцию – разрушения высокомолекулярных ГК. Сочетая разнонаправленность физиологических процессов, воспроизводимых различными микроорганизмами, можно получить вещества с широким спектром действия. При этом исключается физико-химическое воздействие, а механизм образования ГК приближается к природному, который растения-торфообразователи проходят в процессе торфогенеза.

Целью данной работы является исследование влияния гумусоразрушающих бактерий рода *Rhodococcus* на изменение свойств ГК торфов.

Методика исследований

Для исследования взяты два вида торфа низинного типа торфяного месторождения «Карасёвое» Томской области (табл. 1), отличающиеся возрастом и степенью разложения. Исследования проводились с двумя вариантами образцов: 1 – контроль, торф без активации; 2 – торф, прошедший микробиологическую активацию. Микробиологическую активацию торфа проводили бактериями рода *Rhodococcus*. Чистую культуру данного микроорганизма растворяли в стерильной водопроводной воде, оставляли на двое суток для размножения микроорганизма и добавляли в исследуемые образцы торфа. Далее обработанные культурой бактерий образцы торфа помещали в термостат и выдерживали в течение 8 недель при температуре 28-30°C. Физиологическое воздействие микроорганизмов заключается в следующем: *Rhodococcus* sp. за счет активации ферментативного аппарата оказывает влияние на структуру ГК и, разрушая их, изменяет их свойства. Активность ферментативного процесса действия микроорганизмов контролировали определением следующих ферментов: инвертаза (класс гидролаз), каталаза и полифенолоксидаза (класс оксидоредуктаз).

Таблица 1

Общая характеристика торфов месторождения «Карасёвое»
Томской области

Тип, вид торфа	Глубина отбора проб, см	Степень разложения, мас. %	Зольность, мас. %	pH солевой
Низинный осоковый	350	40	3.7	4.2
Низинный осоковый	400	55	15.3	4.6

Было проведено изучение общетехнических свойств торфов: зольность – по ГОСТ 11306-83; ботанический состав – по ГОСТ 28245.2-89; pH солевой – по ГОСТ 11623-65; общий выход ГК – по ГОСТ 9517-94; элементный состав – на С, Н, N-анализаторе «Carlo Erba Strumentazione» модель 1106 (Италия); инфракрасные (ИК)-спектры ГК – на ИК-Фурье-спектрометре Vestog-22 фирмы Bruker (Германия) в таблетках с KBr в соотношении 1 : 300, в интервале значений частоты от 500 до 4000 см⁻¹. Гуминовые кислоты выделяли из торфов 0.1 н NaOH при комнатной температуре. Ферментативная активность определялась стандартными методиками [17].

Результаты исследований

Преобладающая часть органических веществ поступает в торфяную залежь в виде высокополимерных веществ (целлюлоза, крахмал, лигнин, белки и др.), где они подвергаются воздействию микроорганизмов и ферментов.

Исследования ферментативной активности изучаемых торфов показали, что активность инвертазы после микробиологической активации увеличилась в обоих вариантах на 3 % (табл. 2). Наибольшая инвертазная активность отмечается как в исходном, так и в активированном образцах торфа на глубине 350 см.

Активность полифенолоксидазы в активируемых торфах увеличилась на 11-12 %. В активированном торфе, отобранном на глубине 350 см, активность полифенолоксидазы увеличилась несколько больше по сравнению с торфом с глубины 400 см.

Таблица 2

Ферментативная активность низинного осокового торфа месторождения «Карасёвое» Томской области

Фермент	Вариант 1		Вариант 2	
	I=350 см	I=400 см	I=350 см	I=400 см
Каталаза, см³ O₂ за 2 мин на 1 г торфа	2.56	4.89	3.08	5.93
Инвертаза, мг глюкозы за 4 ч на 1 г торфа	31.58	25.64	35.65	28.34
Полифенолоксидаза, мг 1,4 п-бензохинона за 30 мин на 1 г торфа	0.64	0.58	0.73	0.65

Примечание: I – глубина отбора образца, см.

Содержание каталазы в торфе после активации увеличилось, в среднем, на 17.5 %. Наибольшая каталазная активность отмечалась так же в активированном торфе с глубины 400 см, причем в этом образце каталазная активность увеличилась на 17.9 %, тогда как в образце с глубины 350 см на 17.3 %.

Таким образом, увеличение ферментативной активности изучаемых торфов свидетельствует о том, что в процессе микробиологической активации в торфе усилилась активность биохимических процессов и соответственно процессов трансформации органического вещества, о чем свидетельствует также увеличение выхода ГК из микробиологически активированных торфов (табл. 3).

*Содержание гуминовых кислот
низинного осокового торфа
(выход в % на органическое вещество)*

Вариант 1		Вариант 2	
l=350 см	l=400 см	l=350 см	l=400 см
32.95	45.64	36.91	50.43

Примечание: l – глубина отбора образца, см.

При анализе ИК-спектров ГК до и после микробиологической активации были обнаружены интенсивные полосы поглощения при длинах волн 3500-3300 см⁻¹ (гидроксилсодержащие соединения), 2920 см⁻¹, 1460-1440 см⁻¹, 700-900 см⁻¹ (длинные метиленовые цепочки), 2860 см⁻¹ (метиленовые концевые группы), 1725-1700 см⁻¹ (карбонилсодержащие соединения), 1625-1610 см⁻¹, 1510-1500 см⁻¹, 1390-1400 см⁻¹ (бензоидные структуры), 1250-1225 см⁻¹ (С-О – эфирные), 1050-1150 см⁻¹ (СО – углеводов).

Количественная оценка содержания функциональных групп проводилась на основании отношений оптических плотностей полос поглощения (ОППП) кислородсодержащих групп к оптическим плотностям, соответствующим ароматическим полисопряженным системам (1610 см⁻¹) и алифатическим заместителям при 2920 см⁻¹. Расчет структурных параметров ГК (табл. 4) показал однотипность и постоянство функционального состава независимо от возраста генетически однотипных видов торфа и микробиологического воздействия.

Одной из основных кислородсодержащих форм в ГК торфов являются гидроксильные, карбоксильные группы, С-О -связи при 1225 см⁻¹ и СО-ОН –углеводов. Соотношение ОППП функциональных кислородсодержащих групп и алкильных заместителей к ароматическим фрагментам показало преобладание последних над алкильными (2920 см⁻¹) и С-О – связей (1225 см⁻¹). Относительное количество гидроксильных групп (D_{3400}/D_{1610}) в ГК торфов варианта 1 невысокое и характеризуется одинаковыми значениями для обоих торфов, в активированных торфах данный показатель значительно выше.

Количество карбоксильных групп в ГК торфов варианта 2 в сравнении с ГК исходных торфов возросло, причем, наблюдается зависимость в увеличении количества карбоксильных групп в торфах с большим возрастом. В макромолекулах ГК всех четырех образцов торфа преобладают карбоксильные группы над алкильными заместителями, спектральный коэффициент D_{1720}/D_{2920} для всех образцов больше 1 и незначительно увеличивается в торфах после микробиологической активации. Близкие значения отношений D_{1720}/D_{2920} в ГК торфов в пределах одного вида до и после микробиологической активации характеризует их как структуры с подобной системой по-

Соотношение оптических плотностей полос поглощения при определенных длинах волн в ГК торфов до и после микробиологической обработки по данным ИК-спектроскопии

Соотношения оптических полос поглощения	ГК низинного осокового торфа			
	Вариант 1		Вариант 2	
	l=350 см	l=400 см	l=350 см	l=400 см
ОН ₃₄₀₀ /C=C ₁₆₁₀	0.62	0.63	0.88	0.90
C=O ₁₇₂₀ /C=C ₁₆₁₀	0.72	0.89	0.87	1.05
Салк ₂₉₂₀ /C=C ₁₆₁₀	0.65	0.71	0.71	0.74
СО ₁₂₂₅ /C=C ₁₆₁₀	0.82	0.89	0.80	0.86
ОН ₃₄₀₀ /Салк ₂₉₂₀	0.96	0.89	1.09	1.07
C=O ₁₇₂₀ /Салк ₂₉₂₀	1.11	1.25	1.14	1.29
СО ₁₂₂₅ /C=C ₂₉₂₀	1.27	1.26	1.06	1.09

Примечание: l – глубина отбора образца, см.

лисопряжения и системой Н-связей. Эти результаты также подтверждаются аналогичной зависимостью в значениях относительного содержания алифатических связей по отношению к ароматическим заместителям (D_{2920}/D_{1610}). Различия наблюдаются также в спектральных коэффициентах, отображающих соотношение гидрофильной и гидрофобной составляющей в структурах ГК торфов. Кроме того, число кислородсодержащих групп всех типов выше числа алифатических С-Н-связей, данный показатель увеличивается в ГК торфов после их микробиологической обработки. Отмечено снижение С-О – эфирных групп в молекулах ГК после активации торфов.

В целом, можно констатировать, что ИК – спектры ГК разных торфов до и после микробиологической активации аналогичны. Различия наблюдаются, главным образом, в неодинаковой интенсивности, в уширении и сдвигах полос поглощения, что может быть связано с межмолекулярным взаимодействием в аморфных областях и с образованием комплексов. В составе ГК после активации наблюдается увеличение ароматических фрагментов, карбоксильных и гидроксильных групп, содержание алкильных заместителей и С-О-эфирных групп уменьшается.

Анализируя данные элементного состава (табл. 5), следует отметить незначительное уменьшение углерода в образцах после микробиологической обработки.

Элементный состав гуминовых кислот низинного осокового торфа

Тип, вид торфа		Элементный состав, мас. %, на беззольную навеску			Атомное отношение	
		С	Н	N	H/C	C/N
Вариант 1	l=350 см	56.30	4.57	2.59	0.97	25.36
	l=400 см	55.30	5.00	2.44	1.08	26.44
Вариант 2	l=350 см	55.95	4.70	2.70	1.01	24.18
	l=400 см	54.98	4.00	2.78	0.87	23.07

Примечание: l – глубина отбора образца, см.

Полученные результаты показывают, что наибольшим развитием алифатических структур, согласно данным атомного соотношения H/C, отличаются ГК низинного осокового вида торфа (l=400 см) до микробиологической активации. В ГК этого же вида торфа, но после активации, наблюдается самое низкое отношение H/C, что свидетельствует о меньшем вкладе алифатических структур в построение их молекул, а также о большей замещенности ароматических структур в составе молекул ГК этого вида торфа. Атомные соотношения C/N показывают, что в молекулах ГК торфов после их обработки увеличилось содержание азота.

Заключение

Таким образом, в процессе микробиологической активации в торфе, надо полагать, усилились процессы биохимической трансформации органического вещества почвы, о чем свидетельствует увеличение ферментативной активности изучаемых торфов и содержания ГК. Можно предположить, что наметились изменения в составе молекул ГК. В частности повышается содержание азота, увеличивается доля ароматических фрагментов, карбоксильных и гидроксильных групп, содержание алкильных заместителей и С-О-эфирных групп уменьшается.

На основании изучения элементного состава и ИК-спектров можно предположить, что ГК активированных торфов отличаются более высокой биологической активностью по сравнению с ГК исходных образцов торфа. Так, согласно [18] на тенденцию усиления биологической активности указывает содержание ароматических систем полисопряжения и азота, и активные кислые (карбоксильные) и хиноидные группы [19].

Данный метод микробиологической активации торфов гумусоразрушающей микрофлорой рода *Rhodococcus* является весьма перспективным направлением биотехнологии получения препаратов на основе гуминовых кислот торфов для медицины и ветеринарии, поскольку позволяет повысить их выход из торфа, а качественные параметры ГК изменяются в сторону улучшения их характеристик как биологически активных соединений.

Авторы выражает благодарность за помощь в работе руководителю лаборатории реологии нефти ИХН СО РАН, к.т.н. Н.В. Юдиной.

Работа выполнена под руководством д.с.-х.н., чл. корр. РАСХН, профессора Л.И. Инишевой.

Литература

1. Профилактическое действие комплекса гуминовых веществ торфа при гипоксии/ Соловьёва В.П., Сотникова Е.П., Лотош Т.Д. и др.// Комплексное использование торфа в народном хозяйстве. Мн.: 1981. С. 94.
2. Наумова Г.В., Косоногова Л.В., Жмакова Н.А., Овчинникова Т.Ф. Биологические аспекты препарата стимулирующего и фунгицидного действия на основе торфа // Химия твёрдого топлива. 1995. №2. С.82-88.
3. Соловьёва В.П., Сотникова Е.П., Иванов В.И. Лекарственные препараты из торфа // Органическое вещество торфа. Минск. 1995. С.119.
4. Solovieva V.P., Sotnikova N.P., Lotosh T.D. Natural Adaptogens of Peat // 10th International Peat Congress, Bremen, Germany. 1996. V.1. P. 137-140.
5. Simone C., Piccolo A., Marco A., Ambrosio C. Antimutagenic Activity of Homic Acids of Different Origin // Proceedings of the 8th Meeting of the International Humic Substances Society. Poland. 1997. P. 945-950.
6. Marchenko A. I., Trubetskaya O. E., Trubetskoj O. A., Borovick R. V. Antimutagenic Activity of Soil Humic Substances // Proceedings of the 15th International Symposium on Environmental Biogeochemistry. Poland. 2001. P. 351-352.
7. Жилиякова Т.П., Панина О.П., Касимова Л.В. Использование гуминового препарата «Торфотон» в качестве противоязвенного средства // Гуминовые вещества в биосфере. С-Пб., 2003. С. 106-107.
8. Stepchenko L.M. Influence of Natural Humic Preparations on the Stage of General Adaptation Syndrome // 12th International Peat Congress. Finland. 2004. V.2. P. 433-436.
9. Saldan V.I. Study of Huminat on the Human RH Line Cells // 12th International Peat Congress. Finland. 2004. V.2. P. 1205-1208.
10. Flaig W. Chemische Untersuchungen an Humin Stoffen // Zeitschrift fur Chemie. Jahrgang. 1964. Heft 7. S. 253-265.

11. Flaig W. Organische Kolloide des Bodens, Bildung und Eigenschaften // *Agrochemica*. 1978. № 22. С. 226-247.

12. Бамбалов Н.Н., Марыганова В.В., Прохоров С.Г., Стригуцкий В.П. О механизме образования гуминовых веществ // Доклады НАН Беларуси. Сер. Химических наук. 1998. Т. 42. № 6. С. 95-99.

13. Марыганова В.В., Бамбалов Н.Н., Тычинская Л.Ю. Особенности химического состава и структуры гуминовых кислот, выделенных последовательной экстракцией торфа пирофосфатом и гидроксидом натрия // *Химия твёрдого топлива*. 2006. № 3. С. 3-11.

14. Марыганова В.В., Шайдак Л., Тычинская Л.Ю. Сравнительная оценка амфифильных свойств гуминовых веществ различного генезиса по данным хроматографии гидрофобного взаимодействия // Торф в решении проблем энергетики, сельского хозяйства и экологии: Матер. Междунар. конф. Минск. 2006. С. 225-229.

15. Лиштван И.И., Абрамец А.М., Скоропанова Л.С. Фракционирование гуминовых кислот торфа и их коллоидно-химические свойства // *Природопользование*. 1996. Вып. 1. С. 4-5.

16. Стригуцкий В.П., Навоша Ю.Ю., Смычник Т.П., Бамбалов Н.Н. Исследование структуры гуминовых кислот методом нелинейной ЭПР-спектроскопии // *Почвоведение*. 1992. № 1. С. 147-151.

17. Методы почвенной микробиологии и биохимии: Учеб. пособие / Под ред. Д.Г. Звягинцева. М.: Изд-во МГУ, 1991. 304 с.

18. Наумова Г.В., Стригуцкий В.П., Жмакова Н.А., Овчинникова Т.Ф. Связь молекулярной структуры гуминовых кислот и их биологической активности // *Химия твёрдого топлива*. 2001. № 2. С. 3-13.

19. Юдина Н.В., Писарев С.И., Саратиков А.С. Оценка биологической активности гуминовых кислот торфов // *Химия твёрдого топлива*. 1996. № 5. С. 31-34.

Change of structure and properties of humic acids of peat at microbiological activation

M.V. Gostishcheva, M.A. Sergeeva, A.I. Shchegolihina, M. Easterlin

On the basis of the data of enzymatic activity of peats and also element structure and infra-red spectrums of humic acids it is shown changes are ocured in structure of humic acids of peats after microbiological activation of the humus-destroy microflora of species Rhodococcus. It is shown the increase of output of humic acids from the activated peats and change of properties of the humic acids.

ПРИМЕНЕНИЕ ТОРФОМИНЕРАЛЬНЫХ СМЕСЕЙ ПОД ЗЕРНОВЫЕ КУЛЬТУРЫ

Л. А. Дёмина

Новосибирский государственный аграрный университет,
г. Новосибирск, agro@mail.nsau.edu.ru

Рассматривается действие и последствие торфоминеральных удобрений на продуктивность овса и пшеницы на темно-серой лесной почве. В ходе исследований был получен положительный результат от применяемых удобрений. Наибольшую существенную прибавку урожая дают смеси торфа с минеральными удобрениями в виде мочевины совместно с суперфосфатом и хлористым калием, а также аммофосом совместно с хлористым калием и аммонийной селитрой.

Известно, что органические удобрения надежно повышают урожай сельскохозяйственных культур. Обладая хорошими удобрительными свойствами, торф является хорошим и универсальным структурообразователем, как на тяжелых, так и на легких минеральных почвах, создавая в них оптимальный водно-воздушный и пищевой режимы [1, 2]. Обобщенные литературные данные результатов полевых опытов свидетельствуют о низкой эффективности использования торфа на удобрение в чистом виде [3 – 5]. Для повышения эффективности торф следует применять в виде смесей с минеральными и другими компонентами [6 – 8]. Применение торфяных удобрений с высокой концентрацией питательных веществ позволит также улучшить физические, физико-химические и биологические свойства почв.

Поиск путей оптимизации уровня питания растений, сохранения почвенного плодородия, получения безопасной продукции при высоком экономическом эффекте является сегодня главным направлением развития сельскохозяйственной науки.

Целью наших исследований являлось изучение пролонгированного действия различных торфоминеральных смесей на урожайность зерновых культур.

Методика исследований

Полевые мелкоделяночные опыты проводились на опытном поле НГАУ на темно-серой лесной тяжелосуглинистой почве, пахотный слой которой характеризуется следующими показателями: содержание гумуса – среднее (4.5%), реакция среды – слабокислая ($pH_{\text{водн.}} - 6.3$), обеспеченность

нитратным азотом – высокая (24 мг/кг сухой почвы), обеспеченность калием – повышенная, фосфором – высокая (92 и 155 мг/кг сухой почвы по Чирикову, соответственно).

Объектом исследований служили различные торфоминеральные удобрения, приготовленные на основе низинного торфа в различном сочетании с минеральными удобрениями, на урожайность овса сорта Орион и яровой пшеницы сорта Новосибирская 29.

Изучение действия и последействия смесей проводилось в двух опытах с 2004 по 2006 годы. Мелкоделяночные опыты выполнялись в 4-х кратной повторности. Варианты размещались методом рендомизированных повторений. Удобрения вносились перед закладкой опытов в 2004 и 2005 годах. После овса на зеленую массу 2004 года, уборку которого проводили в фазу молочной спелости, высевались на зерно пшеница в 2005 и овес в 2006 году.

Схема опытов: 1) контроль (без удобрений), 2) $N_{30}P_{45}K_{45}$ (аммонийная селитра, двойной суперфосфат, хлористый калий), 3) торф + $N_{30}P_{45}K_{45}$ (аммонийная селитра, двойной суперфосфат, хлористый калий), 4) торф + $N_{30}P_{45}K_{45}$ (мочевина, двойной суперфосфат, хлористый калий), 5) торф + $N_{30}P_{45}K_{45}$ (аммофос + аммонийная селитра, хлористый калий), 6) торф.

В опытах применяли торф низинный высокозольный (42.5 %) слабокислый ($pH_{\text{кол}}=5.05$) с высоким содержанием на сухое вещество азота ($N-NO_3=0.013$ %, $N-NH_4=0.31$ %), низким – фосфора и калия ($P_2O_5=0.18$ %, $K_2O=0.01$ %). Торф вносили из расчета 60 т/га.

Результаты исследований

Внесение торфа в чистом виде оказало слабое действие на урожайность зерновых культур. Внесение одних минеральных удобрений повлияло на урожайность немногим больше, чем торф. В год внесения удобрений на вариантах с одним торфом урожайность зеленой массы овса составила в 2004 году 58 ц/га (прибавка к контролю 5.5 %), в 2005 году – 84 ц/га (прибавка 9.1 %) (рис.). На вариантах с минеральными туками – 59 и 89 ц/га (прибавка 7.3 и 15.6 % по сравнению с контролем) соответственно годам. В последействии удобрений нами получена урожайность зерна пшеницы с внесением торфа 11.9 ц/га, с туками – 12.1 ц/га, что выше, чем на контроле на 0.2 и 0.4 ц/га соответственно. И в последействии 2-го года такая тенденция сохраняется. Урожайность зерна овса в 2006 году составила с применением одного торфа 21.8 ц/га (прибавка к контролю 0.9 %), с минеральными удобрениями – 21.9 ц/га (прибавка к контролю 1.4 %).

В наших опытах выявлена низкая удобрительная ценность одного торфа, вследствие длительности его разложения и медленного высвобож-

дения питательных веществ. При смешивании торфа с минеральными удобрениями и последующим выдерживанием смеси в течение 2 – 3 суток протекают различные химические и биохимические процессы, обогащающие его питательными веществами [9]. Торф имеет высокую емкость поглощения (до 200мг-экв на 100г сухого вещества), которая при внесении торфяных удобрений улучшает поглощение катионов совместно вносимых минеральных удобрений и удерживает их от вымывания.

С применением уже такого рода удобрений урожайность зерновых культур повышается, о чем свидетельствуют и наши исследования.

В год применения торфоминеральных смесей урожайность овса составила в 2004 году 62-67 ц/га и в 2005 году 85-95 ц/га, в последствии 1-го года – урожайность зерна пшеницы 13-13.4 ц/га, в последствии 2-го года зерна овса – 22-23.7 ц/га и биомассы овса – 61-63 ц/га (табл.).

Поскольку между внесением удобрений и использованием их растениями всегда имеется некоторый промежуток времени, в течение которого удобрения взаимодействуют с почвой, состав и свойства продуктов этого взаимодействия оказываются более важными для питания растений, нежели состав и свойства исходных удобрений [10]. Особенно важно это положение для азотных компонентов удобрений, которые очень быстро трансформируются после внесения в почву.

По результатам проведенных нами исследований получена наибольшая прибавка урожайности при применении торфосмеси в сочетании с минеральными удобрениями, в состав которых входят амидная и аммонийная формы азота. Это торфосмеси с мочевиной и аммофосом. Исследования Л.В. Касимовой [11] показывают, что при аммонизации торфа мочевиной происходит обогащение его водорастворимыми органическими веществами, в том числе гуминовыми кислотами. Азот аммонийной селитры, вероятно, сильнее закрепляется в органических соединениях торфа, которые медленно минерализуются и азот постепенно используется растениями в течение 4-5 и более лет [12]. Так в год применения удобрений прибавка зеленой массы овса в 2004 г составила на этих вариантах 21.8 % (урожайность 67 ц/га), в 2005 – 42.9 (с мочевиной) и 23.4 % (с аммофосом) (110 и 95 ц/га соответственно) (рис.). В последствии удобрений 1-го года прибавка зерна пшеницы от внесения торфоминеральных смесей с мочевиной и аммофосом составила 14.5 % (13.4 ц/га). Аналогично на 2-ом году прибавка зерна овса составила 9.7 (с мочевиной) и 6.9 % (с аммофосом), урожайность 23.7 и 23.1 ц/га, соответственно, а прибавка биомассы овса – 12.5 и 10.7 % (63 и 62 ц/га) (табл.).

Можно отметить, что урожайность в вегетационные периоды 2005 и 2006 годов, характеризующиеся как теплые и обильные по осадкам, на вариантах с применением торфосмеси с мочевиной была выше на 15 ц/га

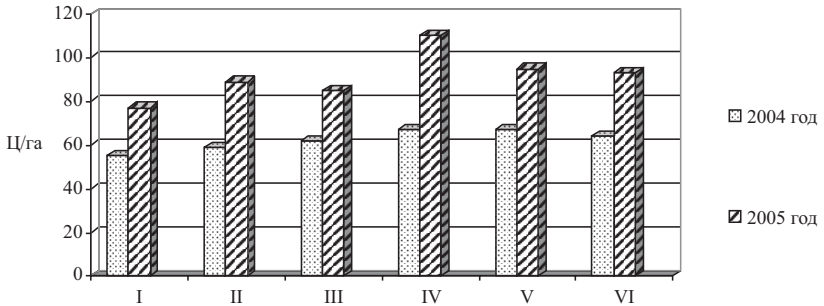


Рис. Урожайность зеленой массы овса в год действия удобрений (на сухое вещество): I – контроль, II – $N_{30}P_{45}K_{45}$, III – торф + $N_{30}P_{45}K_{45}$, IV – торф + $N_{30}P_{45}K_{45}$ (мочевина), V – торф + $N_{30}P_{45}K_{45}$ (аммофос), VI – торф

Таблица

Влияние удобрений в последствии на продуктивность зерновых культур

Вариант	Последствие 1-го года на пшенице 2005 г		Последствие 2-го года на овсе 2006 г		
	Урожай зерна, ц/га	Прибавка по зерну, %	Биомасса, ц/га	Урожай зерна, ц/га	Прибавка по зерну, %
Контроль	11.7		56	21.6	
$N_{30}P_{45}K_{45}$	12.1	3.4	61	21.9	1.4
Торф + $N_{30}P_{45}K_{45}$	13.0	11.1	61	22.0	1.9
Торф + $N_{30}P_{45}K_{45}$ (мочевина)	13.4	14.5	63	23.7	9.7
Торф + $N_{30}P_{45}K_{45}$ (аммофос)	13.4	14.5	62	23.1	6.9
Торф	11.9	1.7	58	21.8	0.9
НСР ₀₅	0.28		2.76	0.49	

зеленой массы, чем с аммофосом в год применения удобрения и на 0.6 ц/га – в последствии 2-го года. Объясняется это тем, что в условиях достаточного увлажнения амидный азот мочевины быстро превращается в аммиачный, а последний поглощается почвой и меньше вымывается вглубь почвы [12].

Заключение

Результаты наших исследований свидетельствуют о том, что в чистом виде торф несущественно повышает урожайность и нужно применять его только в сочетании с минеральными удобрениями. Прибавка к контролю зеленой массы овса в год внесения удобрений в 2004 г. составила 12.7 (21.8 %), а в 2005 г. – 10.4 (42.9 %). Прибавка в последствии удобрений зерна пшеницы составила 11.1 – 14.5 % (2005 г.). В последствии 2-го года прибавка зерна овса была в следующих пределах 1.9- 9.7 %, биомассы овса 8.9 – 12.5 % (2006 г.).

Наибольшая урожайность получена от внесения торфоминеральных смесей с мочевиной и аммофосом. Причем, в вегетационные периоды с более высокой температурой воздуха и повышенным увлажнением торфосмеси с мочевиной дают более высокую урожайность. В год применения удобрений прибавка зеленой массы овса составила на этих вариантах в 2004 г. – 21.8 %; в 2005 г. – 42.9 % (с мочевиной) и 23.4 % (с аммофосом). В последствии удобрений 2005 года прибавка зерна пшеницы составила 14.5 % от внесения торфоминеральных смесей с мочевиной и аммофосом; в 2006 г. прибавка зерна овса – 9.7 % (с мочевиной) и 6.9 % (с аммофосом) и биомассы овса – 12.5 и 10.7 % (соответственно на этих вариантах).

Литература

1. Лиштван И.И. Физические свойства торфа и торфяных залежей. – Мн.: Наука и техника, 1985. 240 с.
2. Подзорова З.М. Влияние органических удобрений на продуктивность сельскохозяйственных культур в севообороте/ З.М. Подзорова// Совершенствование элементов технологии возделывания сельскохозяйственных культур в условиях лесостепи Западной Сибири: Сб. науч. тр. – Новосибирск, 1991. С. 52 -59.
3. Ковалев Н.Г. Традиционные органические удобрения и КМН на мелиорированных почвах Нечерноземья / Н.Г. Ковалев, Б.М. Малинин, И.Н. Барановский. Тверь: ЧуДо, 2003. 160 с.
4. Природа торфа и эффективность удобрений на его основе / А.В. Тишкович, В.Г. Шныриков, В.С. Зубовский. – Мн.: Наука и техника, 1987. 140 с.
5. Тюменцев Н.Ф. Роль удобрений в полеводстве нечерноземной полосы в Западной Сибири. Томск: Изд-во Томского ун-та, 1963. 210 с.
6. Использование торфа и торфяников в лесском хозяйстве Сибири: Сборник научных трудов. Новосибирск: Изд-во Новосиб. с.-х. ин-та, 1985. 84 с.

7. Алмазов Б.Н., Холуяко Л.Т. Изменение продуктивности овощного севооборота и плодородия выщелоченного чернозема в зависимости от применения органических и минеральных удобрений // Агрохимия. 1990. №3. С.51-57.

8. Проблемы повышения эффективности торфа в сельском хозяйстве. М.: Наука, 1984. 135 с.

9. Тишкович А.В. Использование торфа в сельском хозяйстве / Под ред. И.И. Лиштвана. Мн.: Наука и техника, 1984. 200с.

10. Янишевский Ф.В. Агрохимия жидких комплексных удобрений. М.: Наука, 1978. 208 с.

11. Касимова Л.В. Перспективные пути повышения эффективности применения торфа // Сельскохозяйственная наука Сибири (1969 – 1999) : Сб. науч.тр. / РАСХН. Сиб.отд-ние. Новосибирск: 1999. 179-186 с.

12. Агрохимия /Под ред.В.М. Ключковского, А.В. Петербургского.М.: Колос,1967,584 с.

Applikacation of peatfertilizers mixtures under the cereal crops

L.A. Demina

The action and after-action of peatmineral fertilizers for the oat and wheat productivity on dark grey forest soil are considered. During the investigations the positive result from fertilizer application was obtained. The greatest significant yield addition was provided by the mixtures of peat and fertilizers in the form of carbamide together with double superphosphate and potassium chloride, also ammophos together with potassium chloride and ammonium nitrate.

БАКТЕРИАЛЬНЫЕ КОМПЛЕКСЫ ТУНДРОВЫХ ПОЧВ ЯМАЛА

Т.Г. Добровольская, О.С. Кухаренко, А.В. Головченко, Г.В. Матышак
Факультет почвоведения МГУ им. М.В. Ломоносова, г. Москва,
soilbac@soil.msu.ru

Численность бактерий во всех исследованных криогенных почвах, определенная методом посева, уменьшается вниз по профилю от 10^7 до 10^5 КОЕ/г. Снижение температуры культивирования от 20-25°C до 4-6°C не приводит к уменьшению количества учитываемых бактерий. Спектр

бактериальных доминантов шире при 4-6°C, что свидетельствует об адаптации бактерий к низким температурам в северных криогенных почвах. В составе бактериальных сообществ исследованных почв преобладают олиготрофы и копиотрофы.

Болотные и тундровые почвы северных регионов играют значительную биосферную и средообразующую роль. Масштабы заболоченных почв северных регионов России определяют их значимое участие в глобальных циклах биогенных элементов, в первую очередь углерода и азота [1]. Сочетание факторов почвообразования в Западной Сибири очень сложное, совершенно отличное от условий Русской равнины, так как происхождение и развитие почв в сильной степени зависит от почвенного криогенеза [2]. В настоящее время опубликовано небольшое количество работ, посвященных анализу микробных сообществ криогенных почв. Исследования проводятся в основном учеными из северных стран, преимущественно молекулярными методами. При этом бактериальные сообщества характеризуются либо на уровне крупных филотипов, либо анализируются специфические узкие группы бактерий. Но продолжаются исследования и с помощью фенотипических методов.

Методика исследований

Образцы почв были отобраны в сентябре 2006 года в подзоне типичной тундры на территории Ямала (Надымский район). Анализировались следующие типы почв:

1. Криозем грубогумусовый типичный в пределах бугорковой кустарничково-травяной тундры. Мох-О-А-ВСg-С.

2. Торфяно-глезем типичный в пределах нанополлигональной мохово-кустарничково-травяной тундры. О-Т1-ВС-С.

3. Торфяно-криозем типичный в пределах мохово-кустарничково-травяной тундры. Мох-О-Т1-ВСg. Температуры слоя 0-10см колебались в пределах 4-6°; 25-50см – 2-3°; 80-100см – 0.2-1° в исследованных почвах.

4. Образец вечномерзлой минеральной породы (супеси) с высоким содержанием органического вещества растительного происхождения (торфа) с глубины >2м. (Погребенный торфяной горизонт, сверху он перекрыт слоем супеси, на котором уже развиваются современные почвы).

Субстраты анализировались в пространственно-сукцессионном ряду: живые части растений (живой мох) → их отмирающие части (очес) → почвенные горизонты. Навески образцов (1г) переносили в колбы со 100мл стерильной воды и суспензии, обрабатывали на ультразвуковом диспергаторе УЗДН-1 (22 кГц; 0.44 А; 2 мин). Для учета бактерий использовали глюкозо-

пептонно-дрожжевую среду [3]. Для ингибирования грибов в среду добавляли 50 мг нистатина на 0.5 л среды. Посев проводили в 5-кратной повторности из экспериментально подбираемых разведений. Чашки инкубировали при комнатной температуре и в холодильнике при температуре 4-6°C. Подсчитывали суммарное число колоний, выросших на данной среде. Полученную величину использовали для определения общей численности бактерий, которую выражали количеством колониеобразующих единиц (КОЕ) на 1 г почвы. Проводили дифференцированный учет колоний бактерий разных таксономических групп. Для этого на каждой чашке выделяли макроморфологические типы колоний и подсчитывали количество колоний каждого типа. Основных представителей выделяли в чистую культуру. Идентификацию выделенных штаммов до рода проводили на основании морфологических, культуральных и хемотаксономических признаков, используя определители [4].

Результаты исследований

Численность бактерий во всех исследованных типах почв, выявленная прямым люминесцентным методом, колебалась в пределах $10^9 - 10^{10}$ кл/г. Численность, полученная методом посева, уменьшалась с глубиной от $10^6 - 10^7$ до $10^4 - 10^5$ КОЕ/г. Максимальное количество бактерий в торфяно-глееземе (рис. 1) и торфяно-криоземе обнаруживалось в торфяном горизонте, а в криоземе – в очесе (рис. 2). При сравнении бактериальной численности при комнатной температуре (25°C) и в холодильнике (4-6°C) больших различий не наблюдалось.

По таксономическому составу исследованные почвы практически не различались. В верхних горизонтах в основном доминируют бактерии родов *Bacillus*, *Aquaspirillum*, *Comamonas*, в нижних – *Arthrobacter* и *Pseudomonas*. При этом с понижением температуры культивирования бактериальное разнообразие не только не снижалось, но даже увеличивалось. Бактерии рода *Beijerinckia* и *Xanthobacter* выделились только при температуре холодильника (рис. 3).

Следует отметить, что во всех исследованных почвах грамотрицательные формы бактерий преобладали над грамположительными. И это неудивительно, так как они являются более устойчивыми к низким температурам. Все бактерии относятся к разным эколого-трофическим группам, но преобладают олиготрофы и копиотрофы. Практически не выделялись актиномицеты и другие представители актинобактерий, относящиеся к группе гидролитиков. Таким образом, бактериальная деструкция растительных полимеров в криогенных почвах может осуществляться узким спектром бактерий. В основном это бактерии рода *Bacillus*. Видовой состав бацилл определяется их способностью расти при низких температурах.

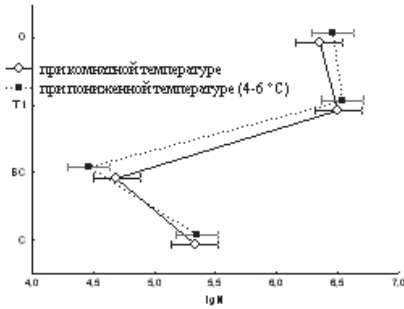


Рис. 1. Численность бактерий в торфно-глезем.

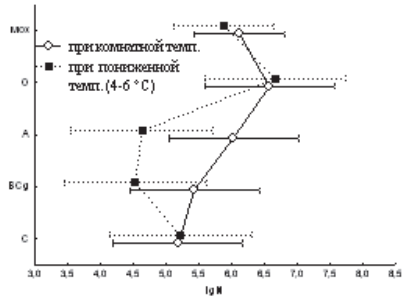


Рис. 2. Численность бактерий в криоземе.

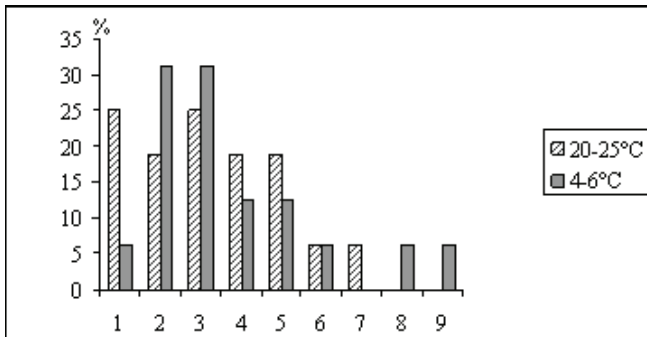


Рис. 3. Частота доминирования бактериальных таксонов при разных температурах культивирования: 1-*Aquaspirillum*, 2-*Comamonas*, 3-*Bacillus*, 4-*Pseudomonas*, 5-*Mycobacteriales*, 6-*Arthrobacter*, 7-олиготрофные протеобактерии, 8-*Xanthobacter*, 9-*Beijerinckia*

Заключение

Таким образом, все бактериологические показатели, полученные нами для криогенных почв, резко отличаются от таковых, полученных при микробиологическом исследовании почв Русской равнины. Так в нашей лаборатории было показано [5], что при комнатной температуре из верховых торфяных почв зоны южной тайги выделялись бациллы, миксобактерии, цитофаги, коринеподобные бактерии, а при низкой – только спириллы. Это означает, что все бактерии гидролитического комплекса почв Русской равнины были не способны к росту при низкой температуре. В северных почвах спектр гидролитиков был значительно уже (даже при комнатной температуре), а при низкой температуре росли в основном бациллы.

Литература

1. Кравченко И.К., Дорошенко Е.В. Азотфиксирующие бактерии болотных и тундровых почв// Экологические проблемы северных регионов и пути их решения: Материалы Международной конференции. Апатиты, 2004. С.13-15
2. Макеев О.В. Фаии почвенного криогенеза и особенности организации в них почвенных профилей. М.: Наука, 1981. 102 с.
3. Лысак Л.В., Добровольская Т.Г., Скворцова И.Н. Методы оценки бактериального разнообразия почв и идентификации почвенных бактерий. М.: МАКС Пресс, 2003. 120 с.
4. Определитель бактерий Берджи. М.: Мир, 1997. Т.1, 2. 800 с.
5. Арсеньев П.С., Добровольская Т.Г., Кожевин П.А. Характеристика микробных комплексов торфяной почвы при разных температурах // Болота и биосфера: Материалы четвертой научной школы. Томск. 2005.

Bacterial complexes in tundra soils of Yamal

T.G. Dobrovolskaya, O.S. Kukhareenko, A.V. Golovchenko, G.V. Matyshak

Bacterial number in all researched cryogenic soils, determined with the plate method, decreases from 10^7 to 10^5 КОЕ/gr down the soil profile. Fall of cultivation temperature from 20-25°C to 4-6°C doesn't lead to reduction of counted bacteria. Spectrum of bacterial dominants is wider under 4-6°C, that testifies the adaptation of bacteria to low temperatures in northern cryogenic soils. Olygotrophes and copyotrophes prevail in the composition of bacterial communitites of researched soils.

ТОРФ КАК КОМПОНЕНТ БУРОВЫХ РАСТВОРОВ

А.А. Ильина

Томский политехнический университет, г. Томск, ilanna1@yandex.ru

В статье показано, что наилучшими свойствами для приготовления буровых растворов обладают торфощелочные реагенты (ТЩР) из торфа месторождения (т/м) «Клюквенное», механообработанного 0.5 % целлюверидином (ЦВ) и 3 % NaOH, и из торфа т/м «Темное», механообработанного 0.5 % ЦВ. Они имеют наиболее оптимальные показатели по реологическим свойствам, плотности и pH.

Разработка и совершенствование научных основ управления свойствами буровых промывочных и тампонажных растворов становится одной из центральных проблем технологии бурения, успешность которой в значительной степени определяет развитие нефтегазодобывающей промышленности в целом. Это повышает требования к качеству буровых и тампонажных растворов. Несмотря на достигнутые успехи в создании новых типов буровых растворов, основные объемы работ все еще ведутся с применением традиционных глинистых дисперсий. Поиск нового сырья для этих целей вызван отсутствием месторождений высококачественных бентонитовых глин во многих районах страны. Перспективны для приготовления буровых растворов, буферных жидкостей, прямых и обратных эмульсий каоустобиолиты – природные органические материалы (сапропели, торф, бурые угли и т.п.).

Целью работы является выявление особенностей влияния условий механической активации на состав и свойства торфа как компонента буровых растворов.

Методика исследований

Объекты исследования – торфощелочные реагенты, приготовленные из торфов т/м «Таган», «Клюквенное» и «Темное» Томской области. Технология приготовления торфощелочных суспензий заключалась в следующем: навеску сухого торфа помещали при перемешивании в 50 мл дистиллированной воды, содержащей NaOH. Массовое соотношение торф: вода – 1 : 8. Полученную суспензию нагревали до температуры 90 °С, перемешивали в течение 10–15 мин до получения однородной торфопасты. После этого объем раствора доводили до 100 мл, перемешивали полученную суспензию еще в течение 20 мин и оставляли в покое на 24 ч. По истечении указанного времени торфосуспензию перемешивали в течение 15 мин и приступали к измерению ее свойств. В образцах торфа определена влажность [1]. Содержание карбоксильных групп в гуминовых кислотах (ГК) торфов определяли ацетатным методом [2]. Определение содержания гидроксильных групп в ГК осуществляли методом ацетилирования [3] и баритным методом [4]. Реологические свойства определяли на ротационном вискозиметре Rheostat 2.1 с цилиндром S 1 на 1 ступени в положении a–d. По окончании реометрии производили расчет касательных напряжений и скоростей сдвига при всех использованных в процессе измерений частотах сдвига. Строение углеродного скелета молекул ГК изучали методом ¹³C-ЯМР-спектроскопии с использованием ЯМР-спектрометра VXR-400 (Varian). Водородный показатель определяли на приборе pH-330 со стеклянным электродом.

Результаты исследований

Химические свойства гуминовых соединений в значительной мере определяются составом и содержанием функциональных групп, на которые оказывают влияние тип реагента, pH среды, температура. Гуминовые кислоты из исходного и механообработанных торфов т/м «Темное» (образцы № 1, 2, 6) содержат наибольшее количество этих групп. Следовательно, можно ожидать высокую реакционную способность от торфощелочных растворов, приготовленных из торфа этого месторождения, а также от торфощелочных растворов, приготовленных из торфа т/м «Клюквенное» (все образцы торфа, механообработанные 3 % NaOH).

По данным анализа фрагментного состава (табл. 3) отмечено снижение количества хиноидных, углеводных фрагментов и замещенных ароматических атомов углерода в ГК исходного торфа. Обработка же торфа незначительно повысила содержание ароматического углерода ($C_{арО}$). Отношение суммы гидрофильных фрагментов ГК к сумме гидрофобных (гфл/гфб) повысилось в 2 раза, что может говорить об увеличении растворимости ГК [5, 6].

В табл. 4 представлены расчеты структурных параметров ГК, свидетельствующие об изменениях их фрагментного состава после механоактивации (м/а) торфов. Для обоих типов м/а торфов ГК отмечено снижение доли алкильных заместителей и повышение количества кислородсодержащих фрагментов ($C_{алкО}$). В зависимости от условий обработки торфов изменился состав кислородсодержащих групп. В образцах верхового торфа повысилось количество углеводных фрагментов, что может быть связано с разрывом гликозидных связей [5].

Практически на одном уровне поддерживается содержание в ГК метоксильных групп. После м/а с реагентами в составе ГК торфов незначительно снизилась доля $C_{аром}$. Степень ароматичности ГК, полученных при обработке торфа в различных условиях, практически не менялась. Повышение общего содержания кислородсодержащих групп в составе препаратов после механической обработки показывает существенную роль процессов окисления кислородом воздуха в процессах механохимической активации. Образующиеся при м/а торфов ГК характеризуются (табл. 3) повышенной долей гидрофильных фрагментов, что ведет к увеличению растворимости гуминовых препаратов.

Для того чтобы предупредить возможные флюидопроявления, плотность промывочной жидкости должна, как минимум, в 1.3 раза превышать плотность воды. При температуре проведения эксперимента плотность воды составляет 0.99802 г/см³. Предупреждение ряда осложнений при бурении нефтяных и газовых скважин достигается регулированием противодействия на пласты. Так как плотность всех образцов торфощелочных реагентов (ТЩР) не превышает необходимое значение, следовательно, для

Состав торфощелочного реагента

№	Вид торфа	Состав суспензии	
		Торф (на СВ), г/л	NaOH
1	Торф исходный, т/м «Таган»	5.60	50 мл
2	Торф м/о 3 % Na ₂ CO ₃ и 3 % Na ₂ H ₂ PO ₄ , т/м «Темное»	5.60	50 мл
3	Торф м/о 0.5 % ЦВ, т/м «Клюквенное»	5.60	50 мл
4	Торф м/о 3 % NaOH, т/м «Клюквенное»	5.60	50 мл
5	Торф м/о 0.5 % ЦВ, т/м «Темное»	5.70	50 мл
6	Торф исходный, т/м «Таган»	4.00	70 мл
7	Торф м/о 3 % Na ₂ CO ₃ и 3 % Na ₂ H ₂ PO ₄ , т/м «Темное»	4.00	70 мл
8	Торф м/о 0.5 % ЦВ, т/м «Клюквенное»	4.00	70 мл
9	Торф м/о 3 % NaOH, т/м «Клюквенное»	4.00	70 мл
10	Торф м/о 0.5 % ЦВ, т/м «Темное»	4.00	70 мл
11	Торф исходный, т/м «Таган»	4.04	0.79 г
12	Торф м/о 3 % Na ₂ CO ₃ и 3 % Na ₂ H ₂ PO ₄ , т/м «Темное»	3.98	0.79 г
13	Торф м/о 0.5 % ЦВ, т/м «Клюквенное»	4.00	0.88 г
14	Торф м/о 3 % NaOH, т/м «Клюквенное»	4.03	0.92 г
15	Торф м/о 0.5 % ЦВ, т/м «Темное»	3.99	0.87 г

Примечание: СВ—сухое вещество; т/м — торфяное месторождение; м/о — механически обработанный.

получения буровых растворов нужного качества необходимо добавить утяжелитель для повышения плотности буровых растворов. Все образцы имеют плотность в пределах 1.01-1.04 г/см³, что находится в соответствии с литературными данными (плотность должна составлять 1.02 – 1.04 г/см³).

Важной характеристикой бурового раствора является определение его реакции (кислая или щелочная). Регулированием pH в растворе можно увеличить его стабильность, скорость застудневания и т.д. Оптимальные значения pH буровых растворов, стабилизированных гуматными реагентами, находятся в пределах от 8.5 до 11. При pH<8 соли ГК труднорастворимы. При pH>11 в буровом растворе накапливается свободная щелочь, которая при определенной концентрации выступает как коагулянт. Оптимальными значениями pH обладают образцы торфа исходного т/м

Содержание функциональных групп в гуминовых кислотах (ГК)

№ образца	Объект исследования	Содержание функциональных групп, мг*экв/г		
		-COOH + -ОН	-COOH	-ОН
1	ГК из исходного торфа, т/м «Темное»	10.30	1.00	9.30
2	ГК из м/о торфа, т/м «Темное»	15.10	2.92	12.18
3	ГК из торфа, м/о NaOH, т/м «Темное»	8.61	1.85	6.76
4	ГК из исходного торфа, т/м «Клюквенное»	10.21	1.12	9.09
5	ГК из м/о торфа, т/м «Клюквенное»	10.14	1.03	9.11
6	ГК из торфа, м/о NaOH, т/м «Клюквенное»	10.54	0.95	9.59

Примечание: т/м – торфяное месторождение; м/о – механообработанный.

Таблица 3

Содержание атомов углерода в структурных фрагментах ГК торфа т/м «Клюквенное» (по данным ЯМР ^{13}C -спектроскопии)

Образцы торфа	Содержание атомов углерода в структурных фрагментах, отн. %:						
	COO^- , CO^- , $\text{C}_{\text{хип}}$ 220-160 мд	$\text{C}_{\text{ар}}\text{O}$ 160-140 мд	$\text{C}_{\text{ар}}\text{C}_n\text{H}$ 140-106 мд	$\text{C}_{\text{алк}}\text{O}$ 106-58 мд	CH_3O 58-54 мд	$\text{C}_{\text{алк}}$ 54-0 мд	гфл/гфб
Исходный	17.7	13.2	15.9	24.5	4.2	24.5	1.47
Обраб. без добавок	15.9	14.5	16.5	23.9	4.0	25.0	1.40

«Таган», механообработанного 3 % Na_2CO_3 и 3 % $\text{Na}_2\text{H}_2\text{PO}_4$ торфяного месторождения «Темное», механообработанного 3 % NaOH и 0.5 % ЦВ т/м «Клюквенное».

Содержание атомов углерода в структурных фрагментах ГК торфа т/м «Темное» (по данным ЯМР ^{13}C -спектроскопии)

Условия обработки	Содержание атомов углерода в структурных фрагментах, отн. %							гфл/гфб
	$\text{C}=\text{O}$ 220...160 мд	$\text{C}_{\text{ар}}\text{O}$ 160...140 мд	$\text{C}_{\text{ар}}\text{C}_n\text{H}$ 140...113 мд	$\text{C}_{\text{алк}}\text{O}$ 106...93 мд	$\text{C}_{\alpha,\beta}\text{-O-4}$ 93...66 мд	$\text{C}_{\text{алк}}\text{O}, \text{CH}_3\text{O}$ 66...54 мд	$\text{C}_{\text{алк}}$ 54...0 мд	
Исходный торф	2.1	2.3	8.5	6,5	14.1	11.3	35.1	0.86
Без добавок	2.9	4.7	6.1	6,1	20.8	14.6	27.5	1.35
0,5 % ЦВ	1.0	2.1	6.9	11,0	17.4	12.0	29.6	1.15
3 % NaOH	8.9	2.2	9.0	6,4	18.8	12.2	32.5	0.94

Динамическое напряжение сдвига (ДНС) косвенно характеризует сопротивление промывочной жидкости, возникающее при иницировании ее течения. С увеличением ДНС увеличивается удерживающая способность промывочной жидкости, но вместе с тем возрастают гидравлические сопротивления в циркуляционной системе скважины, амплитуда колебаний давления при пуске и остановке насосов и выполнении спусково-подъемных операций, а также вероятность образования застойных зон с аккумуляцией в них выбуренной породы. С увеличением динамической вязкости возрастают гидравлические сопротивления в циркуляционной системе скважины и снижается ресурс работы буровых насосов, а также доля гидравлической мощности, подводимой к забойному двигателю и долоту.

По результатам реологических исследований выявлено, что растворы № 1-5 имеют низкие показатели динамического напряжения сдвига, но высокие показатели динамической вязкости. Для применения этих ТЩР в дальнейшем необходимо понизить их вязкость добавлением специальных химических реагентов. Растворы ТЩР № 8, 9, 10 имеют оптимальные значения показателей реологических свойств. А растворы ТЩР № 11-15 имеют высокие значения динамического напряжения сдвига, но низкие показатели динамической вязкости.

Влажность торфа и характеристики ТЩР

Вид торфа	W _a , %	pH	Плотность, г/см ³
Торф исходный, т/м «Таган»	4.96	8.17	1.02
Торф м/о 3 % Na ₂ CO ₃ и 3 % Na ₂ H ₂ PO ₄ , т/м «Темное»	7.05	9.96	1.03
Торф м/о 0..5 % ЦВ, т/м «Клюквенное»	7.66	7.61	1.02
Торф м/о 3 % NaOH, т/м «Клюквенное»	7.29	9.02	1.02
Торф м/о 0..5 % ЦВ, т/м «Темное»	6.46	6.22	1.03
Торф исходный, т/м «Таган»	4.96	11.27	1.02
Торф м/о 3 % Na ₂ CO ₃ и 3 % Na ₂ H ₂ PO ₄ , т/м «Темное»	7.05	11.66	1.02
Торф м/о 0.5 % ЦВ, т/м «Клюквенное»	7.66	10.15	1.03
Торф м/о 3 % NaOH, т/м «Клюквенное»	7.29	11.12	1.01
Торф м/о 0..5 % ЦВ, т/м «Темное»	6.46	12.02	1.03
Торф исходный, т/м «Таган»	4.96	12.76	1.03
Торф м/о 3 % Na ₂ CO ₃ и 3 % Na ₂ H ₂ PO ₄ , т/м «Темное»	7.05	12.74	1.01
Торф м/о 0.5 % ЦВ, т/м «Клюквенное»	7.66	12.51	1.02
Торф м/о 3 % NaOH, т/м «Клюквенное»	7.29	12.70	1.03
Торф м/о 0..5 % ЦВ, т/м «Темное»	6.46	12.65	1.04

Примечание: W_a – влажность торфа; т/м – торфяное месторождение; м/о – механообработанный; не опр – не определялось.

Заключение

В результате проведенного исследования по изучению влияния условий механоактивации на состав и свойства торфа как компонента буровых растворов выявлено, что образующиеся при м/а торфов ГК характеризуются повышенной долей гидрофильных фрагментов, что ведет к увеличению растворимости гуминовых препаратов, а все образцы ТЩР обладают хорошей однородной структурой. Плотность всех образцов соответствует необходимым нормам (1.02 – 1.04 г/см³), они обладают оптимальными значениями pH. Показано, что наилучшими свойствами для приготовления буровых растворов обладают образцы ТЩР № 8, 9, 10, они имеют оптимальные значения показателей реологических свойств, плотности и pH, от

которых образец № 2 отличается только более низкими значениями вязкости. Для использования остальных образцов ТЩР необходимо сильно снизить их динамическую вязкость добавлением специальных химических реагентов.

Таким образом, торф – ценное и общедоступное сырье для получения буровых и тампонажных растворов, необходимых при бурении глубоких скважин на нефть и газ.

Литература

1. ГОСТ 11305-83. Торф. Методы определения влаги. Введён 18.02.83. 13с.
2. Сысков К.К., Кухаренко Т.А. Определение карбоксильных групп // Заводская лаборатория. 1947. 89 с.
3. Богомоллов Б.Д., Гельдфан Е.Д. К вопросу об определении гидроксильных групп методом Верлея // Изв. Вузов. Лесной журнал. 1963. № 6. С. 34.
4. Смольянинов С.И. Маслов С.Г. Термобрикетиrowание торфа. Томск, 1975. 108 с.
5. Иванов А.А., Юдина Н.В., Ломовский О.И. Влияние механохимической активации на состав и свойства гуминовых кислот торфов // Известия Томского политехнического университета. 2006. Т.309. № 5. С. 73-77.
6. Калабин Г.А., Каницкая Л.В., Кушнарев Д.Ф. Количественная спектроскопия ЯМР природного органического сырья и продуктов его переработки. М.: Химия, 2000. 407 с.

Peat as a component of drilling agents

A.A. Ilyina

The aim of our work was detection of influence conditions of mechanoactivation on peat's composition and behaviour as a component of drilling agent. In result of this researching work it was shown that the best features have peat-alkali reagent obtained from peat of Klukvennoe field, mechanoactivated 0.5 % celloveridin (CV) and 3% NaOH and from peat of Temnoe field, mechanoactivated 0.5 % CV. It has excellent rheological indices, best density and pH.

СТРОЕНИЕ ТОРФЯНЫХ ЗАЛЕЖЕЙ НА МЕЖДУРЕЧЬЕ СЫМ-ДУБЧЕС (КРАСНОЯРСКИЙ КРАЙ, СРЕДНЯЯ ТАЙГА)

Л.В. Карпенко

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

Исследовано строение торфяных залежей на междуречье Сым-Дубчес (средняя тайга, Красноярский край). В соответствии с принципами классификации выделено 38 видов торфа, из них верховых – 12, переходных – 12, низинных – 14 видов.

Согласно схеме почвенно-геоботанического районирования [1] исследованная территория относится к Сым-Дубческому среднетаежному кедрово-сосновому району, который включает в себя Приенисейскую окраину Западной Сибири в бассейне рек Сыма и Дубчеса. В болотоведческом отношении она относится к району выпуклых верховых болот [2].

Значительную часть площади левобережья Енисея между реками Сым и Дубчес занимают ложбины древнего стока, т.к. эта территория сформировалась в результате стока ледниковых вод. Почвообразующими породами являются разнозернистые пески с гравием, галькой, иногда маломощными прослойками (до 0,6 м) супесей и суглинков.

Междуречье относится к зоне значительного увлажнения и недостаточной теплообеспеченности. Средняя величина годового количества осадков по данным метеостанции Ворогово составляет 650 мм, Ярцево – 667 мм. На теплый период года приходится 70 % осадков. Средняя температура июля + 18°C, января – 23°C. Максимальная температура составляет 37°C, минимальная – 60°C. Снежный покров, по многолетним данным метеостанции Ярцево, появляется в первой декаде октября, сходит во второй декаде мая. Его средняя высота составляет 87 см, максимальная – 123 см [3]. Енисей оказывает отепляющее влияние на окружающую территорию, что сказывается на увеличении продолжительности безморозного периода в его долине.

Болотообразование на междуречье Сым-Дубчес началось более 9 тыс. лет назад. Скорость торфонакопления постепенно и неуклонно снижалась в среднем от 1.5 в бореальном до 0.2-0.3 мм/год в суббореальном и субатлантическом периодах.

На долю болот и заболоченных лесов в южной части междуречья приходится 40-50 % поверхности. Здесь преобладают верховые болота, занятые сосново-кустарничково-сфагновой группировкой растительности и

грядово-мочажинными комплексами. В северной части территории болота (междуречье Верхней и Тугулана) заболоченные леса занимают 70-80 % площади. Болотные массивы здесь сильно обводнены и представлены, преимущественно, грядово-озерными или грядово-мочажинно-озерными комплексами [4, 5].

Основными водными артериями исследуемого района являются Енисей и его притоки: Сым, Дубчес, Тугулан, Верхняя и др. Течение рек медленное, поверхностный сток ослаблен, что является важным фактором сильной заболоченности территории.

Наиболее распространенными видами залежей *верхового* типа на междуречье являются комплексные, фускум, шейхцеригово-сфагновые и медиум. Комплексная залежь слагает обычно центральные, наиболее обводненные участки месторождений с грядово-мочажинными и грядово-мочажинно-озерными группировками растительности. Фускум залежь формируется фускум, сосново-сфагновой и реже грядово-мочажинной группировками растительности обычно в центральных, наиболее дренированных участках месторождений, часто у внутренних суходолов и по берегам озер. Шейхцеригово-сфагновая и шейхцериговая виды залежи располагаются в условиях сильного подтопления в окрестных прибереговых топях, среди внутренних суходолов с застойной водой. Медиум залежь встречается в центральных частях небольших верховых болот, у озер, между внутренними суходолами, у дренированных краев торфяников.

Залежь *переходного* типа, преимущественно топяного вида, залегает на месторождениях всех геоморфологических уровней. На первой надпойменной террасе Енисея участки с переходной топяной залежью слагают значительные площади, а также встречаются вблизи внутренних суходолов и по окрайкам низинных болот. На месторождениях высоких террас переходная топяная залежь формируется на сильно обводненных окрестных участках, в топях выклинивания, прибереговых топях. Здесь преобладают осоково-сфагновые, осоковые и грядово-мочажинные мезотрофные группировки растительности.

Залежи *низинного* типа в основном характерны для месторождений первых надпойменных террас. Наиболее обводненные центральные участки месторождений сформированы осоково-гипновыми и шейхцериговыми видами строения. На дренированных участках, вблизи рек под древесно-травяной и древесно-осоковой группировками растительности формируются древесно-травяные и древесно-осоковые виды залежей. На месторождениях высоких террас и водоразделов залежи низинного типа представлены главным образом осоковым, топяным, многослойным лесотопяным видами строения.

В результате анализа стратиграфии торфяных залежей (98 разрезов, 440 образцов торфа) и в соответствии с принципами классификации на исследованной территории выделено 38 видов торфа. Из них верховых – 12, переходных – 12 и низинных – 14 видов (табл.).

Согласно данным, приведенным в таблице, торфяные залежи на междуречье в основном сложены шейхцериевыми и осоковыми переходными торфами, обладают средней и высокой степенью разложения и достаточно

Таблица

*Классификация видов торфа болотной экосистемы
на междуречье Сым-Дубчес*

Тип торфа	Подтип торфа	Группа торфа	Виды торфа	Варьирование средних значений, %		
				Степень разложения	Зольность	Влажность
Верховой	Лесо-топяной	Древесно-травяная	Древесно-травяной	60.0-61.0	5.6	85.0-98.0
			Сосново-пушицевый	45.0	4.2	89.0
		Древесно-моховая	Сосново-сфагновый	33.0-39.0	5.0-12.8	87.0-90.0
	Топяной	Травяная	Шейхцериевый	30.0-45.0	2.3-10.1	90.0-93.0
			Пушицевый	30.0-46.0	3.4-9.0	85.0-87.0
		Травяно-моховая	Шейхцериево-сфагновый	23.0-40.0	1.9-7.3	91.0-95.0
			Пушицево-сфагновый	21.0-40.0	1.8-4.2	90.0-92.0
		Моховая	Ангустифолиум	5.0-17.0	2.4-3.5	84.0-90.0
			Магелланикум	5.0-11.0	2.7-4.5	89.0-93.0
			Фускум	4.0-5.2	2.6-4.3	91.0-95.0
			Мочажинный	6.0-12.0	2.6-4.2	90.0-93.0
			Комплексный	8.0-22.0	2.0-4.2	90.0-91.0

Переходный	Лесо-топяной	Древесно-травяная	Древесно-травяной	27.5-43.0	3.3-4.9	87.0-90.0
			Древесно-шейхцериевый	28.0	4.2	90.0
		Древесно-моховая	Древесно-сфагновый	36.0	3.4	88.0
	Топяной	Травяная	Шейхцериевый	21.0-41.0	3.0-6.8	88.0-93.0
			Осоковый	25.5-33.0	2.8-6.4	90.0-93.0
			Травяной	33.0	4.4	88.0
	Топяной	Травяно-моховая	Шейхцериево-сфагновый	21.0-45.0	2.5-5.6	91.0-95.0
			Травяно-сфагновый	10.0-25.0	2.5-5.0	90.0-93.0
			Осоково-сфагновый	24.0-28.0	4.8-5.1	90.0-91.0
		Моховая	Сфагновый	4.0	2.8	91.0
			Мочажинный	20.0-30.5	2.8-4.4	90.0-95.0
			Гипновый	25.0	6.9	95.0
Гипновый			25.0	6.9	95.0	
Низинный	Лесной	Древесная	Сосновый	30.0	31.0	86.0
			Согровый	44.0	29.0	83.0-85.0
	Лесо-топяной	Древесно-травяная	Древесно-травяной	33.0-38.0	2.8-9.0	89.0-91.0
	Топяной	Травяная	Осоковый	26.0-35.0	2.8-10.7	88.0-91.0
			Травяной	22.0-27.0	2.4-3.2	90.0-91.0
			Шейхцериевый	25.0-33.0	3.7-13.2	89.0-91.0
			Вахтовый	30.0	8.3	93.0
			Папоротниковый	38.0	9.1	89.0

		Травяно-моховая	Осоково-сфагновый	22.0-23.0	4.2-4.3	92.0-93.0
			Травяно-сфагновый	30.0	3.8	90.0
			Шейхцериево-сфагновый	24.0	3.3	95.0
			Осоково-гипновый	23.0-30.0	2.2-16.5	90.0-93.0
			Травяно-гипновый	19.0-28.0	2.4-6.0	91.0-95.0
	Моховая	Гипновый низинный	21.0-31.0	5.2-16.1	91.0-93.0	

высокой зольностью, что характеризует их как потенциально высокоплодородные. Поэтому они представляют большой интерес для сельскохозяйственного использования. Оценка торфяных ресурсов болотных экосистем на междуречье Сым-Дубчес показала, что этот район обладает высоким природным потенциалом для комплексного их использования. Установлено, что торфяные залежи на междуречье Сым-Дубчес в основном сложены переходными торфами, обладают средней и высокой степенью разложения 4.0-45.0 % и достаточно высокой зольностью – 2.5-6.9 %, что характеризует их как потенциально высокоплодородные. Поэтому они представляют большой интерес для сельскохозяйственного использования, в том числе на переработку для получения компостов, торфо-гуминовых («Тюльпан», ТМАУ-1 и ТМАУ-2) и комплексных гранулированных органо-минеральных удобрений, для производства брикетов и кускового торфа для коммунально-бытовых нужд, а также разнообразных теплично-парниковых и горшечных грунтов.

В результате лабораторных и полевых опытов установлено, что при условии использования местных удобрений (фосфоритная мука, торф, сапропель) агропродовольственный комплекс Красноярского края может достигнуть нормы продовольственного самообеспечения (5 ц зерна на одного жителя края) и получить дополнительную прибыль 30 млн. руб. за счет прибавки урожая [6].

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта КФФН-РФФИ «Енисей» (№ 07-05-96814)

Литература

1. Горожанкина С.М., Константинов В.Д. География тайги Западной Сибири. Новосибирск: Наука, 1978. 189 с.

2. Пьявченко Н.И. К изучению болот Красноярского края // Заболоченные леса и болота Западной Сибири. М.: Наука, 1963. С. 5-28.
3. Климатологический справочник СССР. Красноярский край и Тувинская автономная область. Л.: Гидрометеиздат, 1961. Вып. 21а. 102 с.
4. Глебов Ф.З. Болота и заболоченные леса лесной зоны Енисейского левобережья. М.: Наука, 1969. 132 с.
5. Елизарьева М.Ф. Общие закономерности распределения растительного покрова на восточной окраине Западно-Сибирской низменности (в пределах лесной зоны) // Красноярский край. Красноярск, 1962. Вып. 2. С. 194-212.
6. Махнева Г.Г. Минерально-сырьевая база агрономических руд – основа продовольственной безопасности // Роль минерально-сырьевой базы Сибири в устойчивом функционировании плодородия почв. Красноярск, 2001. С. 21-45.

Structure of peaty deposits in the sym and dubches interfluve (Krasnoyarsky krai, Middle taiga)

L.V. Karpenko

Structure of peaty deposits in the Sym and Dubches interfluve (Middle taiga, Krasnoyarsky krai) has been studied. According to classification principles the 38 types of peat have been chosen including 12 raised bog peat types, 12 mesotrophic peat types and 14 low-mire peat ones.

МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОДЗЕМНОЙ ПРОДУКЦИИ В БОЛОТНЫХ ЭКОСИСТЕМАХ

Н.П. Косых

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

Описан новый метод определения продукции корней (BNP) трав и кукурузы на болотах. Подземная продукция составляет 50-70 % от общей чистой первичной продукции. Вклад корней, выросших в текущем году, определенный методикой «приростов корней текущего года» составляет от 7 до 75 % от общих запасов фитомассы подземных органов.

Запасы фитомассы отражают структуру фитоценоза. Часто большая часть фитомассы скрыта в подземной сфере. И чем суровее условия выживания растений, будь то пустыня или тундра, тем большая часть скрыта в почве или в приземном слое мхов и лишайников. Доля запасов подземных органов в общей фитомассе может превышать надземную в 10-ки раз. Изучение подземных органов является самым трудным объектом исследования фитоценоза болот. Доля же подземной продукции в общей продукции велика, и чем лучше водно-минеральные условия и питание на болоте, тем эта доля выше. Поэтому интерес к определению продукции корней не ослабевает. И методы, которыми пользуются исследователи, достигают большого разнообразия, но еще больше остается неисследованного. Для определения массы корней, и отделения живых и мертвых корней и прироста корней на растении существуют множество методов: метод монолитов, траншей и метод «окоп». Модификация такого метода широко используется в лабораторных условиях, в ризотронах, где за ростом корней ведется наблюдение, не нарушая их. Часто из-за большой трудоемкости и недостаточной разработанности методов использовались данные по подземной продукции, полученные расчетным путем, которые в свое время условно приняли прирост живых корней равным 1/3 максимального запаса фитомассы корней [1, 2]. Н.И. Пьявченко в своих исследованиях принял отношение надземной продукции к подземной, как $\frac{1}{2}$ [3].

Для оценки подземной продукции трав в 70-х годах был разработан «динамический» метод, в котором продукция подземной фитомассы оценивалась по разности между максимальным и минимальным запасом подземной фитомассы за сезон [4].

Исследование корней на болотах имеет несколько существенных преимуществ в отличие от корней, которые рассматриваются в других наземных экосистемах. Во-первых, чаще всего в болотных экосистемах имеется небольшой набор видов-доминантов, что существенно облегчает видовую идентификацию корней. Во-вторых, отсутствует процесс отмывания корней от почвы, при которой корни отрываются и теряются. Корни имеют оттенки разных цветов, от белого до черного – коричневый, желтый, оранжевый, красный, бежевый и другие, нет только синего и зеленого цветов. Каждый корень имеет свой цвет, который меняется от возраста корня, его роста в разной почве и при разной ее плотности. Кроме цвета, корни имеют свои специфические морфологические признаки (толщину, плотность, расположение на побеге и др.). По совокупности признаков можно выделить корни разных видов растений, и разных возрастных групп. На первом этапе без труда отделяются подземные органы трав (осок и пушицы), а также подземные органы кустарников. Внутри этих крупных групп растений следует более детально рассмотреть все признаки. Совокупность всех выделенных признаков может помочь при определении запасов и продукции

подземных органов, что очень важно при рассмотрении всех параметров биологического круговорота.

Нами был разработан второй метод определения подземной продукции – метод «определения годового прироста корней», который основан на выделении фракции молодых корней, узлов кущения и корневищ текущего года.

Главным в методике определения продукции корней, является выделение фракций корней, которые нарастают в текущем году. Эта методика основана на том, что все корни делятся на четыре возрастные группы, которые отличаются по своим морфологическим признакам. Различия проявляются в окраске, толщине, степени развития боковых корней, расположении на побеге, возрасте и т.д. Для разных групп растений набор таких признаков может быть разным, но чаще корни отличаются по интенсивности окраски, расположению на подземном побеге и корнях первого порядка.

На болотах корни, корневища и узлы кущения осоки и пушицы по своим морфологическим признакам сильно отличаются в разном возрастном состоянии. Все группы корней (0, I, II, III) очень хорошо выделяются визуально.

Корни (0) нарастают ранней весной, малочисленны и не имеют корней второго и третьего порядков. Они светлые, гладкие, морфологически связаны с базальными узлами молодых живых побегов (стеблей), располагаются рядом или среди озимых корней, которые пережили зиму и дали новую генерацию листьев весной. В первую группу для видов сем. осоковых рода осоковых входят, те корни, корневища и узлы кущения, которые вырастают в текущем году. Корни (0) хорошо различимы в массе других корней по наибольшей толщине и светлой окраске, что связано с наличием живой ризодермы с корневыми волосками и живой первичной коры. Для этой же первой группы для сем. осоковых род пушицевый характерны светлые корни, розоватые, сиреневатые первого года жизни. Корни первого года жизни имеют светлую окраску, обычно не ветвистые и морфологически связаны с базальными узлами молодых живых побегов, которые в свою очередь так же являются побегами текущего года.

Светлые ветвистые придаточные корни (I), отнесены ко второй фракции корней, имеющие более темную окраску, топографически обычно приурочены к живым базальным основаниям, которые отрасли прошлой осенью, вегетировали в прошлом году и стали генеративными побегами нынешним летом. Как и прошлые корни первой фракции они представлены длинными от 20 до 40 см длиной. Корни осоки одного года отличаются значительным числом светлых придаточных корней второго и третьего порядков. Они входят в продукцию подземных органов.

Темные ветвистые придаточные корни (II), образуют третью фракцию корней, непосредственно связаны со старыми отмершими участками побегов, в прошлом году являвшимися генеративными побегами. Они жесткие, лишены растущих апикальных частей. Характерная особенность

корней этой фракции – отсутствие боковых корней, хотя иногда остаются базальные остатки боковых корней 2 порядка в виде пеньков. Это корни осок, которые функционировали в прошлом году и дали генерацию новых узлов кущения и корней текущего года. Они уже не входят в продукцию текущего года, но входят во фракцию живых корней. Эти корни ослаблены, но у них сохраняется проводящая функция. Для пушиц также характерны корни этой группы – старые корни темной, черной окраски.

Мертвые темные корни не ветвистые (III), формируют четвертую фракцию. Уже начинающие разлагаться. При этом разрушаются боковые корни первого и второго порядков. Мертвые корни, корневища и узлы кущения, которые могли отмереть как в прошлом году, так и много лет тому назад. Отличаются от всех остальных фракций по своему цвету, безжизненностью, и не связаны с живыми частями растения. И если связаны, то все же легко отделяются и на изломе имеют темно-серый цвет.

Корни кустарничков и кустарников также разделяют на несколько фракций. Это фракция корней текущего года, диаметром 0,01-0,03 мм. Корни кустарничков первого года жизни отличаются по окраске – цвет их всегда светлее (от светло-розового до светло-коричневого, рыжего, бордового), эластичность – корни нежные, не ломкие. Эпидермис этих корней всегда светлее, чем, тех которые пережили зиму и функционировали летом прошлого года.

Еще одна фракция живых корней такого же диаметра, но более темной окраски, с эпидермисом темного цвета. У клюквы, например, морфологически они растут от старых побегов, лежащих ниже, 1-2 см от поверхности мхов.

Выделялись еще две фракции живых корней, отличающихся по диаметру. В последнюю фракцию, самую крупную, входили корни разного диаметра (больше 5 мм, от 5 до 10 мм, и диаметром более 10 мм). В последнюю фракцию входили старые корни, которые приняли на себя проводящую функцию. В продукцию входили только корни первой фракции, отличающиеся по окраске и диаметру.

Наращение многолетних корней разного диаметра (фракция 2) происходит не только в длину, но и в толщину. Под увеличением на срезе корня легко определить количество лет по кольцам. Таким образом, можно вычислить среднемноголетнюю продукцию, которая определяется как частное от деления общей фитомассы корней определенного диаметра на количество годовых колец.

Следующая группа корней трав на грядах и буграх – это корни, корневища морошки, которые создают довольно большое проективное покрытие и набирают массу, чтобы обеспечить большой урожай ягод. Так же как и предыдущие группы растений, корни, входящие в первую и вторую фракции, у морошки имеют светлый светло-желто-оранжевый цвет. На грядах и в рядах запасы корней трав невысоки около 200 г/м², причем на

гряде запасы ниже. Травы на повышенных элементах рельефа ведут себя также как и в мочажине, происходит снижение запасов в течение сезона, с небольшим увеличением в конце сезона. Корни кустарничков имеют тенденцию нарастать к концу сезона. Продукция корней кустарничков и кустарников 200 на гряде и 250 г/м² в год в рямах.

В таблице показаны различные фракции в болотных экосистемах двух подзон. Для определения продукции подземных органов (BNP) наиболее значима основная фракция 0 и 1, отдельно для трав и кустарничков. Эта фракция, выросших в текущем году корней, корневищ и узлов кущения, зависит от растительного сообщества, от водно-минерального питания и климатических условий. В северной тайге запасы подземных органов на болотах разных типов меняются от 300 г/м² в олиготрофных мочажинах до 1300 в мезотрофной мочажине. На повышенных элементах рельефа на мерзлом бугре плоскобугристых болот 780, а на грядах грядово-мочажинных болот запасы могут достигать 2300 г/м². На юге таежной зоны подземные органы в олиготрофных мочажинах повышают свою фитомассу до 360, в мезотрофных мочажинах до 1700-2600 г/м². На повышенных элементах рельефа, запасы фитомассы подземных органов в рямах и на грядах не превышают 670-1300 г/м². Почти на всех элементах рельефа как на севере, так и на юге подземная фитомасса превышает надземную в 2-11 раз. В продукцию этих фитоценозов наибольший вклад до 30-70 % дают корни трав, кустарничков и кустарников.

В половине изученных экосистемах продукция подземных органов часто составляет больше 50 % от общей продукции. В связи с тем, что вклад корней в общую чистую первичную продукцию достигает значительной величины, по продуктивности в отдельных фитоценозах они могут сравниться только со сфагновыми мхами в олиготрофных мочажинах. На наиболее важную фракцию корней (0 и 1), которая составляет подземную продукцию, приходится от 7 % – на буграх и в мезотрофных мочажинах, до – 54 % – в олиготрофных мочажинах.

Литература

1. Елина Г.А., Кузнецов О.Л., Максимов А.И. Структурно-функциональная организация и динамика болотных экосистем Карелии. Л.:Наука, 1984. 118 с.
2. Базилевич Н.И. Биологическая продуктивность экосистем Северной Евразии. М.: Наука, 1993. 295 с
3. Пьявченко Н.И. Торфяные болота, их природное и хозяйственное значение. М.: Наука, 1985. 152 с.
4. Титлянова А.А. Биологический круговорот углерода в травяных экосистемах. Н.: Наука, 1977. 220с.

ФИЗИОЛОГИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ ПОЧВЕННОЙ ВЫТЯЖКИ ИЗ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ПОЧВЫ ПРИ ВНЕСЕНИИ ТОРФЯНЫХ УДОБРЕНИЙ

Кравец А.В.

Сибирский научно-исследовательский институт сельского хозяйства
и торфа СО РАСХН, г. Томск, sibniit@mail.tomsknet.ru

В работе представлены результаты исследований по влиянию действия и последствия удобрений на основе торфа на физиологическую активность дерново-подзолистой почвы. Показано, что физиологическая активность водной вытяжки зависит от примененного торфяного удобрения, срока отбора проб и от тест-объекта (горох и кукуруза).

В условиях дефицитного баланса гумуса в дерново-подзолистых и серых лесных почвах с невысоким естественным плодородием актуальным становится применение высокоэффективных органических удобрений. Торф и органические удобрения на его основе – это важнейшие составляющие воспроизводства почвенного плодородия как за счет улучшения водно-физических и агрохимических свойств почвы, так и в результате обогащения почв элементами питания, микрофлорой и органическими веществами. Высокая эффективность новых органических удобрений позволяет применять их в небольших количествах по сравнению с традиционными. Такие удобрения – торфяное (ТУ) и биоудобрение (БУ) были разработаны и испытаны в Сибирском НИИ торфа. Целью проводимых исследований является определение влияния действия и последствия новых удобрений на основе торфа на физиологическую активность дерново-подзолистой почвы.

Торфяное удобрение готовили из низинного торфа месторождения Таганское Томского района. Торфяное удобрений (ТУ) получали в течение 2 месяцев аммонизацией торфа мочевиной, разлагающей под действием биокатализатора на основе торфосодержащих материалов [1]. Биоудобрение (БУ) получали активацией нативной микрофлоры торфа путем внесения микробного инокулята и кратковременного воздействия (0.5–1 месяц) в мезофильном режиме [2].

Опыт с удобрениями на основе торфа закладывали на научно-исследовательском стационаре СибНИИТ «Кисловский» на дерново-подзолистой почве по методике [3], применяли двухпольный зерно-пропашной севооборот (1-ый год – картофель, 2-ой год – пшеница). Повторность опыта трехкратная, раз-

мещение вариантов одноярусное, систематическое, площадь делянок 30 м². Пробы почвы отбирались по фазам: всходы, бутонизация, полная спелость. Из свежееотобранных образцов готовили водную вытяжку с гидромодулем в соотношении 1:5, в которой замачивали семена гороха сорта Нарымский и кукурузы сорта Днепропетровская. Выдержанные в течение суток семена [4] закладывали между слоями фильтровальной бумаги в рулоны и проращивали в течение 7 дней [5]. Результаты учитывали по сухому весу выросших проростков и корешков, соотносили с контрольным вариантом и выражали в процентах. В почвенной вытяжке определяли содержание водорастворимого углерода по Тюрину [6] и углерода гуминовых и фульвокислот [7].

Результаты исследований

Внесение органических удобрений в почву вызвало изменения в составе водной вытяжки из почвы вариантов опыта. Содержание водорастворимого углерода в водных вытяжках из дерново-подзолистой почвы существенно выше в первый срок отбора во всех вариантах опыта. В течение вегетационного периода эта величина уменьшилась в 1.6-20.4 раза, особенно в ТУ и БУ в дозах 10 т/га. Рассматривая тот же показатель в опыте последствия, отметим, что содержание водорастворимого углерода во всех вариантах опыта увеличилось по сравнению с предыдущим годом. При этом сохранилась тенденция уменьшения водорастворимого углерода в течение вегетационного периода, однако менее значительная, чем в первый год воздействия удобрений (1.1-2.2 раза).

Количество гуминовых кислот (ГК) в водной вытяжке из дерново-подзолистой почвы с внесением удобрений уменьшается в первый срок отбора по сравнению с исходной почвой. Однако в течение вегетационного периода усиливается процесс гумификации за счет внесения органических удобрений, и количество ГК возрастает во всех вариантах, особенно заметно в вариантах с ТУ. Этот процесс продолжается, о чем свидетельствует увеличение углерода ГК в начале следующего вегетационного периода. Обращает на себя внимание тот факт, что начиная с фазы цветения пшеницы (второй срок определения) снижается количество углерода ГК в вариантах 7 и 8 за счет усиления процесса минерализации органического вещества, стимулируемого минеральными удобрениями. Количество же фульвокислот (ФК) в составе водной вытяжки уменьшается по срокам вегетации незначительно и возрастает при внесении ТУ и БУ как в первый, так и во второй год.

Сравнивая результаты по физиологической активности водных вытяжек из двух опытов (табл. 1 и 2) можно отметить, что вытяжка из почвы оказала более значительное влияние на кукурузу (максимальная физиологическая активность на надземную массу составила 120-149, на корневую массу составила 120-253 % к контролю).

*Физиологическая активность водного экстракта
из дерново-подзолистой почвы при внесении торфяных удобрений*

Вариант опыта	Фаза всходов		Фаза бутонизации		Фаза полной спелости	
	Сухая зеленая масса 10 раст., %	Сухая корневая масса 10 раст., %	Сухая зеленая масса 10 раст., %	Сухая корневая масса 10 раст., %	Сухая зеленая масса 10 раст., %	Сухая корневая масса 10 раст., %
Тест- объект – кукуруза						
Контроль	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
ТУ-5 т/га	131.2	120.2	90.3	83.4	100.9	85.8
ТУ-10 т/га	120.5	125.6	107.5	112.1	101.6	59.3
БУ-10 т/га	112.9	120.9	86.3	110.4	83.1	88.9
БУ-20 т/га	82.9	72.9	99.9	108.0	98.0	77.7
Фон- N₆₀P₆₀K₆₀	148.8	208.8	89.2	100.3	89.2	82.5
Фон+ТУ-5 т/га	144.7	253.1	102.6	103.7	72.0	88.4
Фон+БУ-10, т/га	119.6	233.8	93.2	121.4	79.9	105.8
НСР 05	13.9	56.5	17.8	13.4	17.9	14.2
Тест-объект – горох						
Контроль	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
ТУ-5 т/га	95.1	114.4	130.8	103.3	111.7	112.7
ТУ-10 т/га	88.6	101.1	121.1	108.0	127.4	91.2
БУ-10 т/га	98.6	110.7	115.5	102.1	103.6	54.5
БУ-20 т/га	94.8	114.6	108.4	35.7	149.3	143.6
Фон -N₆₀P₆₀K₆₀	94.4	100.8	121.7	101.1	95.7	99.2
Фон+ТУ-5 т/га	115.9	48.8	121.9	122.6	73.3	67.6
Фон+БУ-10 т/га	8.5	102.6	127.3	112.2	144.2	160.0
НСРО 05	15.5	14.1	19.2	13.6	7.7	34.8

*Физиологическая активность водного экстракта
из дерново-подзолистой почвы (последствие торфяных удобрений)*

Вариант опыта	Фаза всходов		Фаза бутонизации		Фаза полной спелости	
	Сухая зеленая масса 10 раст., %	Сухая корневая масса 10 раст., %	Сухая зеленая масса 10 раст., %	Сухая корневая масса 10 раст., %	Сухая зеленая масса 10 раст., %	Сухая корневая масса 10 раст., %
Тест- объект – кукуруза						
Контроль	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
ТУ-5 т/га	112.2	103.4	120.4	150.8	94.2	99.6
ТУ-10 т/га	106.8	147.9	93.4	101.6	84.2	94.5
БУ-10 т/га	121.4	160.9	78.2	92.4	91.5	129.9
БУ-20 т/га	90.7	137.8	96.6	134.9	95.7	126.5
Фон -N₆₀P₆₀K₆₀	127.2	213.9	112.2	118.1	84.8	105.0
Фон+ТУ-5 т/га	94.0	198.9	92.9	122.4	108.3	144.6
Фон+БУ-10 т/га	99.3	170.3	122.2	148.5	87.5	88.5
НСР 05	17.5	26.1	14.5	14.4	15.4	25.9
Тест-объект – горох						
Контроль	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
ТУ-5 т/га	89.1	124.8	95.5	95.4	87.6	108.3
ТУ-10 т/га	78.7	71.7	105.6	93.4	103.3	106.9
БУ-10 т/га	78.3	127.1	87.6	65.5	92.9	99.9
БУ-20 т/га	90.3	111.2	99.9	98.6	94.3	85.7
Фон -N₆₀P₆₀K₆₀	106.7	153.2	116.6	85.3	80.3	101.6
Фон+ТУ-5 т/га	100.4	116.2	116.5	67.2	89.2	105.8
Фон+БУ-10 т/га	94.2	103.6	96.2	89.8	86.9	107.6
НСР 05	13.2	7.6	13.0	13.3	12.2	16.7

Если рассматривать влияние на горох, то здесь максимальные значения по физиологической активности для надземной массы составили 116-149 %, для корневой массы 122-160 %).

Сравнивая значения по физиологической активности на кукурузе можно отметить уменьшение ее по срокам вегетации. Этот факт можно объяснить всплеском биохимической активности в начальные сроки вегетации и угасанием процессов в дальнейшем. В последствии физиологический ответ кукурузы меняется. Например, в варианте с внесением БУ высокая физиологическая активность сохраняется по всем срокам отбора проб. Абсолютные значения физиологической активности выше на корнях, чем на зеленой массе.

Для тест-объекта горох такой закономерности не наблюдается: абсолютные значения по зеленой массе не меньше, чем по корневой. Угасание физиологической активности по срокам вегетации наблюдали только в опыте последствие. В опыте действие физиологическая активность высока во все сроки отбора проб. Внесение торфяных удобрений сказывается, но уловить зависимость от дозы внесения не удалось.

Рассматривая данные по физиологической активности, надо отметить, что внесение торфяных удобрений изменяет её величину, ингибируя или стимулируя (в большинстве случаев) прорастание семян. Такие колебания физиологической активности зависят от содержания ГК и ФК. Возможно, различия в ответах тест-объектов вызваны принадлежностью их к разным типам метаболизма (горох относится к группе С-3 растений, а кукуруза к С-4 метаболизму).

Заключение

Достаточно резкое изменение содержания органических компонентов (Св.р., СГК, СФК) в почвенных вытяжках свидетельствует об интенсивных процессах трансформации органического вещества почвы и удобрений под влиянием торфяного и биоудобрений. В первый год их внесения усиливается процесс гумификации органического вещества, а во второй – процесс минерализации. Физиологическая активность водной вытяжки зависит от примененного торфяного удобрения, срока отбора проб и от тест-объекта. Полученные данные по физиологической активности почвенных вытяжек свидетельствуют о неоднозначном воздействии удобрений на разные тест-объекты (горох и кукуруза).

Литература

1. Патент № 2050343, С 05 F. Биокатализатор / Л.В. Касимова, С.Н. Архипова Оpubл.7.01.96, Бюл.№35.

2. Заявка СССР № 4911564/14, С 12 N1/14. Инокулят и способ его получения / Л.В. Касимова, О.В.Порываева. Положительное решение от 19.04.96.

3. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. М.:Колос, 1968. С.7-197.

4. Некоторые новые методы количественного учета почвенных микроорганизмов и изучение их свойств: Методические рекомендации ВНИИ сельскохозяйственной микробиологии. Л., 1987. 54с.

5. ГОСТ 12038-84. Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения всхожести. М.: Изд-во стандартов, 1984. 28с.

6. Стандарт предприятия СТП 049 3935-008.93. Почвы, торф, органические удобрения. Определение углерода водорастворимых соединений по методу Тюрина в модификации СибНИИТ.

7. Технический анализ торфа. М.: Недра, 1992. С.358-365.

Physiological activity of the soil extract from soddy-acid soil at entering peat fertilizers

Kravets A.V.

The purpose of spent researches was definition of influence of action and after action new fertilizers on the basis of peat on physiological activity of soddy-acid soil. Physiological activity of a water extract depends on the applied peat fertilizer, term of sampling and from test – object (peas and corn).

ФОТОИНДУЦИРОВАННАЯ ДЕГРАДАЦИЯ ГЕРБИЦИДА 2,4-ДИХЛОРФЕНОКСИУКСУСНОЙ КИСЛОТЫ В ВОДЕ В ПРИСУТСТВИИ ГУМИНОВЫХ КИСЛОТ И АКТИВНОГО ИЛА

С.В. Кузьмина*, **Е.С. Липатникова***, **Е.А. Каретникова****

*Томский государственный университет, г. Томск, sokolova@phys.tsu.ru

**Институт водных и экологических проблем ДВО РАН, г. Хабаровск

Проведено спектрально-люминесцентное исследование процесса разложения гербицида 2,4-дихлорфеноксиуксусной кислоты (2,4-Д) в воде под действием УФ-предоблучения и в присутствии гуминовых кислот и микроорганизмов активного ила. Показано, что 2,4-Д слабо раз-

лагается сообществом микроорганизмов, эффективность утилизации повышается при совместном использовании фотохимических и микробиологических методов.

В настоящее время в связи с ростом населения и сокращением запасов питьевой воды на планете особенно большое значение приобретает разработка новых эффективных методов очистки воды от бионеразлагаемых компонентов техногенного происхождения. Применение пестицидов, в частности гербицидов, приводит к многолетним загрязнениям почв, водоемов и болот, например, 2,4-дихлорфеноксиуксусная кислота (2,4-Д), гербицид для борьбы с двудольными (широколиственными) сорными растениями в посевах зерновых культур, на лугах и т.д. В чистом виде 2,4 Д – белые кристаллы без запаха, с $t_{пл}$ 140,5⁰С; при 20⁰С в 1 л воды растворяется 540 мг кислоты. Технический препарат имеет неприятный фенольный запах, обусловленный примесью 2,4-дихлорфенола. В промышленности 2,4-Д получают взаимодействием солей монохлоруксусной кислоты с 2,4-дихлорфенолятом натрия и хлорированием феноксиуксусной кислоты. По масштабам производства и применения 2,4-Д среди гербицидов занимает первое место. Применяют 2,4-Д в виде растворимых в воде солей с алифатическими аминами (диметиламин, диэтиламин, этаноламины и др.), в виде натриевой соли, эфиров с различными спиртами (изопропиловый, бутиловый, октиловый и др.) и амидов (например, о-хлоранилида). При нормах расхода 0,5-2 кг/га с помощью 2,4-Д могут быть уничтожены почти все виды двудольных сорных растений (бодяк полевой, борщевик обыкновенный, василёк и др.) [1]. Так как 2,4-Д в природе плохо подвергается разложению отдельными видами бактерий актуально исследовать поведение данного соединения под действием УФ-излучения в присутствии сообщества микроорганизмов активного ила.

Активный ил – это осадок, образующийся при очистке сточных вод в аэротенке. Активный ил создается из взвешенных в сточной жидкости частиц, не задержанных первичным отстойником, и адсорбируемых коллоидных веществ с размножающимися на них микроорганизмами [2]. Активный ил играет основную роль в процессах деградации различных органических веществ, в том числе фенольных соединений, ПАУ, гербицидов и пестицидов, в очистке сточных вод. Активный ил образуется в очистных установках как продукт жизнедеятельности аэробных бактерий, поступающих первоначально с фекальными стоками и воздухом, и не требует со стороны пользователя каких – либо действий по запуску культуры бактерий. В установках абсолютно нет анаэробных процессов, и даже подводящая канализация вентилируется отработанным воздухом, а присутствующий кислород и аэробная биомасса препятствуют развитию болез-

нетворных бактерий и паразитов, нет необходимости в дополнительном обеззараживании избыточного активного ила перед его использованием в качестве удобрения.

Целью работы является изучение влияния УФ-предоблучения на деградацию 2,4-Д в воде с активным илом и в присутствии гуминовых кислот.

Методика исследований

Сухую навеску 2,4-Д растворяли в дистиллированной воде при помощи ультразвуковой мешалки в течение часа при 45⁰С. Концентрация раствора 2,4-Д в воде составляла 10⁻⁴ М. Затем регистрировали спектры поглощения 2,4-Д в воде. После этого к раствору 2,4-Д добавляли гуминовые кислоты (гуминовые кислоты были выделены из измельченного торфа, месторождение «Клюквенное»), концентрация которых составляет 5 мг/л и снимали спектры поглощения этих растворов.

Активный ил отбирался из аэротенка очистных сооружений в 5 км от г. Томска, в котором содержание сточных вод и активного ила находилось в соотношении 2:1. Культивацию проводили в колбах на 250 мл, добавляя 50 мл раствора 2,4-Д и 50 мл активного ила, при температуре 24-26⁰С в стационарных условиях. К активному илу добавляли минеральный фон, содержащий 2 г/л KNO₃, 0,4 г/л MgCO₄, 2 г/л NaCl, 2 г/л K₂HPO₄, в соотношении 1:1. Минеральный фон и дистиллированную воду для микробиологического исследования предварительно автоклавировали при 121⁰С. Раствор 2,4-Д с активным илом выдерживали в термостате при температуре 22±2⁰С от 0 часов до 28 дней. Для регистрации спектров поглощения и флуоресценции 2,4-Д отделяли от активного ила, пропуская раствор через фильтр с размером пор 0,2 мкм (Владипор, Россия).

В качестве источников УФ-излучения были использованы ртутная лампа и эксилампы KtCl* ($\lambda_{\text{изл}}=222$ нм), XeBr* ($\lambda_{\text{изл}}=283$ нм), XeCl* ($\lambda_{\text{изл}}=308$ нм) с параметрами $\Delta\lambda = 5-10$ нм, $W_{\text{пик}} = 18$ мВт/см², $f = 200$ кГц, длительность импульса 1 мкс. Все растворы облучали в кварцевой кювете 10 мм х 10 мм. Спектрально-люминесцентные характеристики растворов 2,4-Д были получены на спектрофотометре *Specord M40* и спектрофлуориметре *CM2003 (SOLAR, Беларусь)*.

Результаты исследований

Из анализа спектров поглощения следует, что наибольшее изменение спектральных характеристик (интенсивность и положение полос в области 283 нм, 230 нм, 240-260 нм) раствора 2,4-Д, связанные с фотопревращениями поллюганта и образованием фотопродуктов, зафиксировано после УФ-

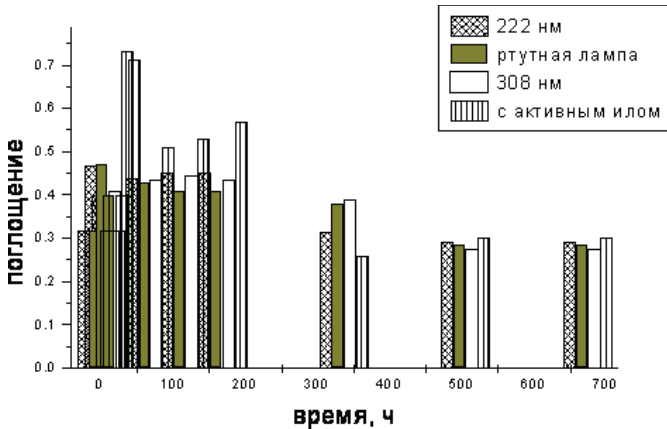


Рис. Интенсивность поглощения раствора 2,4-Д на длине волны 283 нм после УФ-предоблучения ртутной лампы и эксилампами: $KrCl^*$ ($\lambda_{изл}=222$ нм), $HeCl^*$ ($\lambda_{изл}=308$ нм) в течение 15 мин и с активным илом

облучения эксилампой $KrCl^*$ ($\lambda_{изл}=222$ нм) в течение 15 мин. Поглощение в области около 230 нм и 283 нм соответствует максимуму полосы поглощения раствора 2,4-Д в воде. Поглощение в области около 240-260 нм принадлежит образующимся фотопродуктам. При увеличении времени УФ-предоблучения до 30 мин в спектрах поглощения наблюдается образование вторичных фотопродуктов. Аналогичные изменения наблюдаются после облучения полным светом ртутной лампы. После предоблучения эксилампой $HeCl^*$ ($\lambda_{изл}=308$ нм) зафиксированы слабые изменения в спектрах поглощения.

При добавлении гуминовых кислот интенсивность полосы поглощения необлученного водного раствора 2,4-Д возрастает без смещения максимумов. Это может быть объяснено образованием комплексов молекулы 2,4-Д с гуминовыми кислотами. После облучения вышеуказанными источниками в присутствии гуминовых кислот характер изменений в спектрах поглощения сохраняется. Однако после облучения полным светом ртутной лампы более 30 мин резко падает интенсивность поглощения в области 230 нм. Видимо, это связано с фотодеградацией экотоксиканта.

После обработки необлученного водного раствора 2,4-Д активным илом интенсивность полосы поглощения 2,4-Д увеличивается без смещения максимумов. После предоблучения наилучший результат получен при использовании ртутной лампы в течение 15 мин (рис.).

Таким образом, гербицид 2,4-Д слабо разлагается сообществом микроорганизмов активного ила, поэтому происходит накопление гербицида в объектах окружающей среды в областях с малым количеством солнечных

и теплых дней. Применение УФ-предоблучения позволило увеличить скорость переработки гербицида микроорганизмами активного ила. Добавление использованных гуминовых кислот при концентрации 5мг/л слабо влияет на фоторазложение 2,4-Д в воде.

Работа частично поддержана грантом РФФИ (№06-08-01380). Авторы благодарны Н.В. Юдиной и Е.С. Мальцевой за предоставленный образец гуминовых кислот.

Литература

1. Прохоров А. М. Большая советская энциклопедия. М.: Сов. энцикл., 1969. 607 с.
2. Sodell J. A., Microbiology of foaming in activated sludge plants-a review // J. Appl. Bacteriol. 1990. Vol. 69. P. 145-176.

Photoinduced degradation of herbicide 2,4-dichlorophenoxyacetic acid in water in the presence of humic acid and with active sludge

S. V. Kuzmina, E. S. Lipatnikova, E. A. Karetnikova

Degradation of herbicide 2,4-D under exposure of UV-preirradiation in the presence of humic acids and with activated sludge treatment was studied by spectral-luminescence method. It was established that 2,4-D was weakly degraded by the microbial association of activated sludge. Using sequential photochemical and microbiological treatment was more effectively.

ЭФФЕКТИВНОСТЬ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СОДЕРЖАНИЯ ГУМУСА

А.А. Мещеряков, Е.М. Казаков
Красноярский Государственный Аграрный Университет

На стационаре кафедры почвоведения и агрохимии КрасГАУ заложен вегетационно-полевой опыт, по результатам которого было определено, что связь между продуктивностью яровой пшеницы и содержанием гумусовых веществ имеет место лишь в вариантах без применения удобрений.

При использовании минеральных удобрений связь между содержанием гумусовых веществ и показателями продуктивности утрачивается.

Большой экспериментальный материал позволяет говорить о тесной положительной корреляции между урожаями и гумусированностью почвы [1, 2]. В черноземных почвах лесостепных зон центральной Сибири, при изучении влияния различных факторов (12) на урожайность, наибольший коэффициент передачи информации (влияние на урожайность) получен от содержания гумуса [3, 4]. Вместе с тем, в литературе имеются данные, отличные от вышеприведенных. В условиях длительных стационарных опытов не всегда наблюдается тесная зависимость между содержанием гумуса и урожаем полевых культур [5]. Подобная информация имеется для черноземов и серых лесных почв края. По данным П.И. Крупкина с соавторами [6], О.А.Сорокиной [7] связь между гумусированностью почв и урожайностью зерновых, пропашных и кормовых культур может отсутствовать.

Существует также точка зрения, что гумус почти совсем не влияет на урожай, что урожай проще получить за счет минеральных удобрений, что урожай и плодородие почв определяется только лабильными формами гумуса и разлагающимися органическими остатками [8, 9].

Цель работы – установить влияние степени гумусированности почв на продуктивность яровой пшеницы при использовании минеральных удобрений.

Методика исследований

Вегетационно-полевой опыт был заложен на стационаре кафедры почвоведения и агрохимии Крас ГАУ в сосудах без дна площадью 0.17м². Варианты опыта были представлены удобренными и неудобренными почвами и породой: черноземом обыкновенным, среднегумусным, среднесуглинистым, аллювиальной дерновой тяжелосуглинистой почвой, красной карбонатной тяжелосуглинистой породой. Повторность опыта – четырехкратная. Содержание нитратного азота на момент закладки опыта было очень низкое и низкое. С учетом обеспеченности почвы элементами питания рассчитывали дозы минеральных удобрений. В качестве минеральных удобрений использовали аммиачную селитру, двойной суперфосфат и сульфат калия.

Была использована следующая схема опыта:

1. Чернозем обыкновенный без удобрений (контроль);
2. Чернозем обыкновенный + 1 доза NPK;
3. Чернозем обыкновенный + 2 дозы NPK;
4. Красная почвообразующая порода без удобрений (контроль);

5. Красная почвообразующая порода + 1 доза NPK;
6. Красная почвообразующая порода + 2 дозы NPK;
7. Аллювиальная почва без удобрений (контроль);
8. Аллювиальная почва + 1 доза NPK;
9. Аллювиальная почва + 2 дозы NPK.

На черноземе 1 доза соответствовала $N_{52}P_{20}K_{12}$, 2 дозы – $N_{104}P_{40}K_{24}$, на красной породе и на аллювиальной почве 1 доза – $N_{75}P_{60}K_{12}$, 2 дозы – $N_{150}P_{120}K_{24}$.

В 2006 году возделывали яровую пшеницу сорта “Новосибирская 15”. Посев был проведен 16 мая с нормой высева 5.5 млн. зерен на гектар. Применялась агротехника, общепринятая для лесостепной зоны. Учет урожая пшеницы проведен в середине августа. Полученные данные были обработаны дисперсионным и корреляционно-регрессионным методами.

Результаты исследований

Внесение удобрений значительно повлияло на всхожесть семян (табл. 1). Минеральные удобрения в высоких дозах ($N_{150}P_{120}K_{24}$) приводят к сниже-

Таблица 1

Изменение всхожести и продуктивности яровой пшеницы под влиянием почвы, пород и удобрений

Вариант опыта		Всхожесть, шт/сосуд	Урожайность, т/га	
Почва, порода (фактор А)	Доза удобрений (фактор В)		Фитомасса	Зерно
Чернозем обыкновенный, среднегумусный, среднесуглинистый	0	56	2.18	0,68
	1	61	4.15	1,65
	2	68	3.48	1,47
Красная карбонатная, тяжелосуглинистая порода	0	61	0.81	0,30
	1	59	2.75	1,15
	2	46	3.35	1,23
Аллювиальная дерновая, тяжелосуглинистая почва	0	55	1.34	0,49
	1	51	5.14	2,08
	2	41	6.53	2,12
НСР по фактору А		5.0	0.77	0.32
НСР по фактору В		5.0	0.77	0.32

Связь урожайности яровой пшеницы с общим содержанием гумуса ($C_{орг}$, %) ($t_{теор} = 2,18$)*

Варианты	Фитомасса					Зерно				
	n	r	t _{факт}	S _r	r ²	n	r	t _{факт}	S _r	r ²
Без удобрений	12	0.89	14.8	0.06	0.79	12	0.74	5.29	0.14	0.55
1 доза NPK	12	0.17	0.59	0.29	0.03	12	0.12	0.40	0.30	0.01
2 дозы NPK	12	-0.31	1.15	0.27	0.10	12	-0.11	0.37	0.30	0.01

Примечание: n – число наблюдений; r – коэффициент корреляции; t_{факт} – фактическое значение критерия Стьюдента; S_r – ошибка коэффициента корреляции; r² – коэффициент детерминации.

нию всхожести семян яровой пшеницы на слабогумусированных, малобуферных почвах и породах. Так, на аллювиальной дерновой почве и красной породе всхожесть яровой пшеницы снизилась на 25 %.

Продуктивность яровой пшеницы на неудобренном фоне по вариантам опыта была низкой. Так, фитомасса культуры изменялась от 0.81 до 2.18 т/га, а зерно – от 0.30 до 0.68 т/га. Наиболее высокая урожайность зерна культуры фиксировалась на черноземе обыкновенном. Малая урожайность культуры была обусловлена низким и очень низким содержанием нитратного азота в почве. Урожайность зерна культуры на черноземной почве была в 1.4-2.0 раза выше, чем на аллювиальной почве и красной породе.

Внесение минеральных удобрений в одной дозе повысило продуктивность пшеницы в среднем в 3 раза. Так, фитомасса культуры возросла на черноземе в 1.9 раза, на аллювиальной почве в 3.8 раза, на красной породе в 3.4 раза. Урожай зерна на черноземе увеличился в 2,4 раза, на аллювиальной почве – 4.2 раза, на красной породе – 3.8 раза.

Согласно данным таблицы 2, связь между фитомассой и зерном яровой пшеницы и содержанием общего гумуса в почве на неудобренном фоне являлась сильной: $r = +0.74 \pm 0.14 \dots +0.89 \pm 0.06$. Доля влияния фактора гумусированности была довольно высока и составляла 55-79 %. При внесении в почву одной дозы NPK минеральных удобрений связь между названными показателями отсутствовала, а при двух дозах трансформировалась в обратную.

Связь между показателями продуктивности яровой пшеницы и содержанием в почве подвижных гумусовых веществ на неудобренном фоне

была сильной: $r = +0.80 \pm 0.11 \dots +0.92 \pm 0.05$; (табл.3). Доля влияния факторов на урожайность была более весомой по сравнению с долей влияния общего содержания гумуса и составляла 64-85 %. При внесении в почву 1 дозы NPK минеральных удобрений связь между урожайностью и содержанием подвижных гумусовых веществ утрачивалась, а при внесении 2 доз NPK минеральных удобрений превращалась в обратную.

Таблица 3

Связь урожайности яровой пшеницы с подвижным гумусом (C_{NaOH} , мг/100г) ($t_{теор} = 2,18$)

Варианты	Фитомасса					Зерно				
	п	г	t _{факт}	s _г	r ²	п	г	t _{факт}	s _г	r ²
Без удобрений	12	0.92	18.4	0.05	0.85	12	0.80	7.27	0.11	0.64
1 доза NPK	12	0.14	0.47	0.30	0.02	12	0.10	0.33	0.30	0.01
2 дозы NPK	12	-0.35	1.35	0.26	0.12	12	-0.16	0.55	0.29	0.03

Заключение

Использование минеральных удобрений в одной дозе увеличивает продуктивность яровой пшеницы в 3.0 раза, с 0.49 до 1.63 т/га зерна. Наиболее эффективны удобрения на аллювиальной дерновой почве. Удвоенные дозы минеральных удобрений не обеспечивают повышения продуктивности яровой пшеницы.

Связь между показателями продуктивности и содержанием в почве гумуса и подвижных гумусовых веществ характеризуется как сильная: $r = +0.74 \dots +0.92$. Связь имеет место в вариантах без применения удобрений. При использовании минеральных удобрений связь между содержанием гумусовых веществ и показателями продуктивности утрачивается.

Литература

1. Гаврилюк Ф.Я., Вальков В.Ф. О критериях бонитировки почв // Почвоведение. 1972. №2. С. 17-21.
2. Кулаковская Т.Н. Почвенно-агрохимические основы получения высоких урожаев. Минск: Ураджай, 1978. 270 с.

3. Топтыгин В.В. Оценка эффективного плодородия освоенных почв на основе математического моделирования урожайности. Афтореф. дис.... к.с.-х.н. Новосибирск, 1990. 16 с.

4. Крупкин П.И. Особенности свойств и пути повышения плодородия черноземов центральной Сибири. Афтореф. дис. ...докт. биол. наук. Новосибирск, 1993. 55 с.

5. Минеев В.Г., Шевцова Л.К. Влияние длительного применения удобрений на гумус и урожай культур // Агрохимия. 1978. №7. С.134-141.

6. Крупкин П.И., Крыжаковская Н.Н., Чурикова Л.И. Влияние гумусированности почв на некоторые агрохимические свойства черноземов и урожай // Баланс органического вещества и плодородия почв в Восточной Сибири. Новосибирск, 1985. С. 52-61.

7. Сорокина О.А. Влияние освоения и сельскохозяйственного использования на гумусовое состояние серых лесных почв // Баланс органического вещества и плодородия почв в Восточной Сибири. Новосибирск, 1985. С. 9-15.

8. Горбылева А.И., Воробьев В.В. Качество гумуса и плодородие почв // Проблемы расширенного воспроизводства плодородия почв в республиках западного региона. Минск, 1989. С. 95 -101.

9. Жуков А.И. Исследование органического вещества // Химизация сельского хозяйства. 1990. №4. С. 64-68

Effekt mineral fertilizers in spring wheat under dependence from a mount gumus

A.A. Meshcheryakov, E.M. Kazakov

On question about relationship gumus with productivity of the agricultural cultures, available at present literature, can not give the unambiguous answer, exists the ensemble a standpoint. Using given circumstance, have pawned vegetation-field experience in container without bottom by area $0,17\text{m}^2$, on result which was determined that relationship exists only in variant without using the fertilizers. When use the mineral fertilizers relationship between contents gumuses material and factor to productivity is forfeited.

ЭКОЛОГО-БИОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ВОЗДЕЙСТВИЯ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ ОРГАНИКИ НА ПИРОГЕННЫХ ТОРФЯНИКАХ

А.Д. Позднякова, И.В. Кузьмина, А.И.Поздняков, Д.А. Мусекаев
ДФ ГНИУ ВНИИМЗ, г. Дмитров, antrozdz@bk.ru

В работе исследовалась зола пирогенного торфа и воздействие различных органических субстратов в модельных лабораторных условиях. По степени влияния на биологические свойства пирогенного торфа все испытанные субстраты и способы рекультивации выделены в три группы: а) неэффективные; б) малоэффективные; в) эффективные. Из всех видов органических субстратов предпочтительнее всего добавки торфонавозного компоста (ТНК).

Введение

Пожары осушенных торфяников в Московской области в 2002 г. сопоставимы с пожарами 1972 года. Пожары в 2002 году длились более месяца с неблагоприятными последствиями для людей и торфяных ресурсов области. Пирогенные воздействия на торфяники, пожалуй, являются наиболее чувствительными экологическими катастрофами для них. Торфяные пожары не только безвозвратно и без пользы уничтожают огромное количество торфяной массы, но и оставляют после себя безжизненное пространство, рекультивация которого и возвращение в лоно культурного ландшафта, задача не из простых. Эти «раны» торфяников зияют своей отчужденностью среди сельскохозяйственных земель. Надежда на то, что природа сама справится с ними весьма и весьма призрачная. Уже сразу после пожара требуется проведение первых рекогносцировочных, хотя бы лабораторных оценочных исследований свойств торфяников и выбор на их основе пути и направления рекультивации.

Методика исследований

Исследовалась зола пирогенного торфа и воздействие различных органических субстратов в модельных лабораторных условиях для территории землепользования ОПХ ЦТБОС Дмитровского филиала ГНИУ ВНИИМЗ. Исследования проводились в контролируемых условиях по влажности и температуре. Пирогенный субстрат (зола) тщательно смешивался с ор-

ганическими субстратами и удобрениями в соотношении 1:1 по объему. В опытах использованы следующие субстраты: 1) пирогенный субстрат (зола через 3 года после сгорания); 2) торф с пахотного участка (практически перегной); 3) зола + торф с пашни (1:1); 4) зола + торф с бобово-злаковой смесью; 5) зола + торф с пастбища с высоким содержанием лабильной органики; 6) зола + окультуренный древесно-осоковый торф (из слоя 0-5 см); 7) зола + неокультуренный древесно-осоковый торф (из слоя 80-100 см); 8) зола + гипново-осоковый неокультуренный торф (из слоя 80-100 см); 9) зола + торфонавозный компост (ТНК); 10) зола + ТНК, обогащенный бобово-злаковой смесью, для насыщения лабильной органикой; 11) зола + глеевый горизонт из расчета 80-100 т/га; 12) зола + торф целинный из заповедника; 13) зола + навоз КРС; 14) зола + 75 % целинного торфа; 15) зола + 50 % целинного торфа; 16) зола + 25 % целинного торфа.

Для создания однородной массы золу и органику тщательно перемешивали.

Результаты исследований

На примере этих субстратов показана значимость стимулирования биологической активности золы исследованными субстратами. Пирогенный торф биологически неактивен. Это подтверждается на примере активности каталазы, деятельность которой в значительной степени зависит от запасов органики (особенно подвижной). Обогащенность пирогенного слоя ферментом очень низкая и составляет 0.4-0.7 мл O_2 /г.с.п./мин.

Выявлено сильное положительное воздействие практически всех исследованных добавок на биологическую активность и рост растений (табл. 1). В 4-10 раз активизируется каталаза, в 10-20 раз протеазная активность. В наибольшей степени эффект достигается целлюлозной биотой. Таким образом, при освоении пирогенного торфа органические удобрения – один из главных положительных факторов.

Проводилось также биотестирование выше перечисленных сочетаний золы с органикой при воздействии на нее дополнительно торфогуминовым комплексным удобрением (ТГКУ), разработанным на ДФ ГНИУ ВНИИМЗ и представляющим собой гумат калия с добавками микроэлементов. Такая обработка значительно повышает сопротивляемость растений при высеве на исследованные субстраты. Даже на «чистой» 3-летней после пожара золе высота растений и длина корней увеличивается в 10, а на зарастающей 8-летней золе в 2 раза. ТГКУ способствует формированию более мощной и жизнеспособной корневой системы. Поэтому при рекультивации пирогенных торфяников, по-видимому, можно рекомендовать обрабатывать почву после реконструкции и семена перед посевом ТГКУ.

Эколого-биологическая оценка эффективности органических удобрений на пирогенных торфяниках

Пирогенный торф 3-летней давности	Пирогенный торф 8-летней давности	Пирогенный торф с субстратами		
		Целинный торф с растительными остатками	Навоз, 80-100 т/га	ТНК в дозе 80-100 т/га с сидератом
Вар. 1	2	3	4-5	6-7
Каталаза, мл O ₂ /г.с.п./мин а)				
0.34	0.94	3.11	4.28-5.1	5.0-5.2
Протеаза, % разложения желатинового слоя фотопластинок б)				
4-5	35-40	50-60	80-90	75-85
Клетчатка, % обрастания фильтровальной бумаги, интенсивность пигментации				
нет	25 желто-зеленая	90 интенсивно ярко зеленая	90-95 интенсивно черная раз- ная	90-95 интенсивно черная раз- ная
Рост биотеста, пшеница, росток/корень в см, % подавления (-) или стимуляции (+) на субстратах с органикой				
0.55/0.43	11.4/6.6	20.6/13.7	22.5/15.0	22.2/13.7
-93/-90	+38/+47	+84/+107	+97/+127	+95/+107

Все испытанные способы воздействия на биологические свойства золы можно объединить в три группы: 1) неэффективные – припашка глины (оглеенного горизонта); 2) малоэффективные – смесь золы и нижних горизонтов древесно-осоковых и гипново-осоковых торфов (80-100 см). И в то же время, в случае сгорания торфа до этих слоев, припашка их к слою золы возможна и даже необходима как начальный этап освоения. 3) наиболее эффективные варианты с лабильной органикой.

Внесение в пирогенный слой торфа с подвижной органикой интенсифицирует активность протеазы (деятельность аммонификаторов): распад белкового материала возрастает в 3-8 раз и составляет 27-61 %. Воздействие нижних слоев древесно-осокового, древесно-гипнового и оглеенного горизонта на протеазу низок.

Для оценки биологической активности или эффективности того или иного агротехнического приема часто используют такой показатель, как распад клетчатки. По нашим данным наилучший питательный режим на-

блюдается при обогащении золы торфом с мобильной органикой (табл. 2, 3). Здесь самые высокие показатели разложения (58-77 %) и разнообразная цветовая гамма окрашивания полотна (расширение спектра целлюлозных микроорганизмов).

Таблица 2

Некоторые способы повышения биологической активности пирогенных слоев торфа (обогащение золы различными компонентами, каталаза $MnO_2/г.с.п./мин$)

Зола	Торф		Припашка	
	С пашни	С подвижной органикой	Нижних слоев торфа	Глины
10 дней компостирования				
0.7	2.4	3.7-2.7	1.2-1.3	0.7
1,5 месяца компостирования				
0.4	2.1	3.0-2.0	0.8-1.2	-

Таблица 3

Целлюлозная активность пирогенного слоя с разными органическими компонентами (% разложения льняного полотна, фильтровальной бумаги)

Зола	Зола с бобово-злаковой смесью	Торф с пастбища	Древесно-осоковая (5-10 см)	Припашка	
				Нижних горизонтов торфа	Оглевой глины
Льняное полотно					
12.5	77.3	58	72.7	46-47	
Фильтровальная бумага					
7.53	41.9	46.2	39.8	14-30	7-53

Интересен факт активизации этих микроорганизмов при подпашке нижних слоев торфов. Очевидно, компостирование субстратов при оптимальной влажности и температуре интенсифицировало разложение органики нижних слоев и создавало благоприятный режим (особенно азотный) для их деятельности. Это возможно и в природных условиях.

Таким образом, все выделенные нами органические субстраты (2 и 3 группа) по степени положительного влияния на биологические свойства пирогенного торфа образуют следующий ряд: ТНК с бобово-злаковой смесью → торф с пастбища → торф → древесно-осоковая подстилка → нижние слои древесно-осокового и древесно-гипсового торфа. Эффективность всех видов субстратов, кроме припашки оглеенных горизонтов, явная. Необходимо помнить, что восстановление участков с пирогенным торфом – не одноразовое мероприятие, выбор органического субстрата определяется близостью этих участков к источнику органики.

Таблица 4

Влияние золы на биологические свойства торфяной почвы

Внесение в торф			
Зола – 100%	75%	50%	25%
Каталаза, МпО ₂ /г.с.п./мин			
2.4	2.1	2.0	2.1
Протеаза, % разложения белка			
40	31	27	24
Распад клетчатки, % (льняное полотно)			
57	50	42	36

Противоречивость результатов по биологическим свойствам и ростом растений на субстратах торфа с 100 %, 75 %, 50 % и 25 % с внесением золы не дает нам оснований для рекомендаций по использованию золы в качестве удобрения (табл.4).

Заключение

Пирогенный торф (зола) в чистом виде характеризуется очень низкой биологической активностью. По степени влияния на биологические свойства пирогенного торфа все испытанные субстраты и способы рекультивации можно объединить в три группы: а) не эффективные – припашка глины (оглеенный горизонт); б) малоэффективные – припашка к пирогенному слою древесно-осоковых, гипново-осоковых торфов; в) эффективные варианты с лабильной органикой. Припашка этих торфяных горизонтов возможна и необходима как начальный этап освоения. Одновременно целесообразно вносить субстрат с лабильной органикой и перед посевом

обрабатывать почву и семена органическими препаратами типа ТГКУ. Из всех видов органических субстратов предпочтительнее всего добавки ТНК в дозе 80-100 т/га с сидератами.

Ecological biological estimation of efficiency of influence of various kinds of organic chemistry on burnt out peatland

A.D. Pozdnjakova, I.V. Kuz'mina, A.I. Pozdnjakov, D.A. Musekaev

In work ashes burnt out peat and influence of various organic substrata in modelling laboratory conditions was investigated. On a degree of influence on biological properties burn out peat all tested substrata and ways recultivation are allocated in three groups: a) inefficient; б) ineffective; в) effective. From all kinds of organic substrata it is the most preferable than the additive peat farmyard manure compost (F.Y.M.).

ВЫБРОСЫ ДИОКСИДА УГЛЕРОДА ПРИ ПОЖАРАХ НА ТОРФЯНИКАХ

В.А. Ракович, Н.В. Молокова, Т.В. Селивончик

Институт проблем использования природных ресурсов и экологии
НАН Беларуси, г. Минск, Республика Беларусь

В статье приводятся результаты исследований по количественной оценке выбросов диоксида углерода при пожарах на осушенных торфяниках и самовозгорании торфа в штабелях.

Основной предпосылкой возникновения пожаров на болотах и торфяных месторождениях является нарушение их гидрологического режима в результате осушения. В Беларуси имеются три группы антропогенно нарушенных болот: 1) разрабатываемые и выработанные торфяные месторождения; 2) осушенные для разработки, но не разрабатывающиеся торфяные месторождения; 3) мелиорированные торфяные почвы для сельского и лесного хозяйства.

С целью улучшения условий для ведения сельского хозяйства на мелиорированных территориях решением правительства (постановление Правительства Республики Беларусь от 17 ноября 1999 года № 183 "О государственной программе охраны и рационального использования

земель”) была намечена и проведена инвентаризация осушенных сельскохозяйственных земель. Одновременно в рамках различных проектов были инвентаризованы и антропогенно нарушенные болота и заболоченные территории. Полученные в результате инвентаризации данные показали, что в Беларуси лесомелиоративными системами осушено около 250 тыс. га торфяных болот. Площадь выработанных торфяных месторождений и отдельных участков в республике составляет 209.5 тыс. га, а площадь разрабатываемых месторождений – 109 тыс. га. Таким образом, общая площадь нарушенных болот, связанных с добычей торфа, составляет 318.5 тыс. га. С учетом мелкозалежных участков, окрайков болот, внутримассивных противопожарных полос и др. общая площадь нарушенных в результате добычи торфа земель составляет не менее 500 тыс. га. К настоящему времени осушено около 1.1 млн. га торфяных почв, из которых деградировало 223 тыс. га, где слой торфа не более 0.3 м или на поверхность вышли подстилающие породы. Пока еще деградированные торфяные почвы располагаются локальными участками среди массивов почв, сохранивших торфяной слой, однако их площади продолжают расширяться.

Существование в настоящее время значительных площадей с нарушенным гидрологическим режимом значительно увеличило пожароопасную ситуацию на территории республики Беларусь. Почти ежегодно пожары наносят Беларуси огромный экологический и экономический ущерб.

При осушении болот для сельского, лесного хозяйств и добычи торфа происходит изъятие из атмосферы кислорода и эмиссия в атмосферу двуоксида углерода в процессе минерализации остаточного слоя торфа и залповых выбросов в результате торфяных пожаров. Цель данной работы: оценить выбросы диоксида углерода при пожарах на торфяниках.

Методы исследований

Для оценки площадей выгорания при пожарах на торфяниках нами были использованы статистические данные МЧС Республики Беларусь за последние 10 лет.

Для расчетов выбросов диоксида углерода были приняты следующие условия: эксплуатационная влажность для низинного и верхового торфов при степени разложения более и равной 20 % составляет: первый и второй годы эксплуатации – 78 и 82 %, третий и последующие годы – 75 и 79 %. При степени разложения менее 20 %: первый и второй годы эксплуатации 82 и 84 %, третий и последующие годы – 80 и 81 % [4, 5].

Результаты исследований

Были проведены исследования по дополнительным источникам выделения диоксида углерода торфяными болотами. Так, саморазогревание при отсутствии мер защиты может привести к появлению в штабеле очагов самовозгорания. Более 50 % очагов самовозгорания приходится на сентябрь и ноябрь, хотя единичные очаги могут появиться и в январе. Интенсивность саморазогревания увеличивается при уборке торфа, имеющего температуру 27-30°C в жаркие дни и влажность ниже 40 %, от нагревания поверхности штабелей солнечными лучами до температуры 35–60°C, при засорении фрезерного торфа посторонними горючими включениями: древесными остатками, очесом и др. Она также зависит от ботанического состава и степени разложения [4 – 6].

Расчеты показали, что:

- Эмиссия диоксида углерода в атмосферу при пожарах на естественных и осушенных торфяных болотах возрастает с увеличением степени разложения торфа, уменьшением зольности, влажности, изменением типа залежи от верхового к переходному и низинному, а также с изменением ботанического состава торфа при переходе от моховой группы к травяно-моховой, травяной, древесно-моховой, древесно-травяной и древесной.

- При самовозгорании складочных единиц низинного фрезерного торфа выброс диоксида углерода в атмосферу при степени разложения торфа 15, 25, 35, 45 %, средней высоте штабеля 6 м и влажности 55 % составляет 460.6; 532.9; 591.4; 647.8 кг/м³, соответственно.

- При самовозгорании складочных единиц верхового фрезерного торфа выброс диоксида углерода в атмосферу при степени разложения торфа 15, 25, 35, 45 %, средней высоте штабеля 6 м и влажности 55 % составляет 469.1; 542.6; 602.3; 659.7 кг/м³, соответственно.

Фрезерный торф хранится под открытым небом до года и более. Вывозка его производится в течение всего года. Потери фрезерного торфа при хранении зависят от степени разложения. При степени разложения до 20 % потери составляют 15 %, от 20 до 25 % – 10 %; 26-40 % – 7% и свыше 40 % – 5 % [5, 6].

Если в Республике Беларусь добывается 2.5 млн. т торфа, то ежегодно от процессов саморазогревания минерализуется около 175 тыс. т, в результате чего в атмосферу выделяется 372.5 тыс. т диоксида углерода, что составляет примерно четверть годового стока диоксида углерода во все ненарушенные болота Беларуси.

Для оценки выбросов диоксида углерода при пожарах на торфяниках выполнен анализ площадей, подвергшихся пожарам на торфяных месторождениях Беларуси. По данным МЧС Республики Беларусь за последние 10 лет зарегистрировано 42 211 пожаров на торфяниках площадью 62 458 га. Среднегодовое количество таких пожаров составляет 4221 на площади 6246 га.

Расчеты показывают, что среднегодовой выброс в атмосферу диоксида углерода при средней глубине сгорания торфяного слоя 0.3 м составляет около 6302 тыс. т, при 0.5 м – 10503 тыс. т, при 0.75 м – 15754 тыс. т, при 1 м – 21 005 тыс. т. Это сопоставимо с годовой эмиссией CO₂ с 1247.9 тыс. га осушенных торфяных почв и нарушенных торфяных месторождений Беларуси, которая в 2000 г. составила 13344.9 тыс. т. [7]

Таким образом, эмиссия диоксида углерода в атмосферу при пожарах на естественных и осушенных торфяных болотах возрастает с увеличением степени разложения торфа, уменьшением зольности, влажности, изменением типа залежи от верхового к переходному и низинному, а также с изменением ботанического состава торфа при переходе от моховой группы к травяно-моховой, травяной, древесно-моховой, древесно-травяной и древесной.

После пожаров на осушенных торфяниках, где остаточный выгоревший слой торфа подстилается сапропелем или торфосапропелем, формируется контрастный амфибиальный водно-воздушный режим с резкой сменой окислительных и восстановительных процессов в зависимости от погодных условий. На торфяниках с таким водно-воздушным режимом частая смена окислительно-восстановительных условий не позволяет в течение многих лет зарости участкам ни болотной, ни суходольной растительностью. Здесь слой минерализованного торфа достигает одного и более сантиметров в год, что эквивалентно ежегодным выбросам в атмосферу 22 и более т/га диоксида углерода [8].

Низинные торфяники, подстилаемые песками, супесями и суглинками, зарастают суходольной растительностью в течение нескольких лет после пожаров, а торфяники верхового типа не зарастают. Здесь слой минерализованного торфа может достигать 1 см в год, что эквивалентно ежегодным выбросам в атмосферу 18 т/га диоксида углерода [8].

Эти результаты будут использованы для разработки методик оценки вклада естественных и нарушенных болот в регулирование газового состава атмосферы в связи с выполнением республикой Беларусь международных обязательств по Киотскому протоколу.

Литература

1. Ярошевич Л.М. Пыльных бурь на мелиорированных землях можно избежать //Белорусское Полесье. 2001. Вып. 1. С. 21–26.
2. Баденкова С.В., Добродеев О.П., Сухова Т.Г. Распределение свинца в разрезе торфяников как показатель нарастающего загрязнения атмосферы // Вестник Московского университета. Серия 5. 1982, №3. С.53-58.
3. Богданов А.П., Дорошкевич В.Н., Жмура Г.М., Петров В.А. Оценка загрязнения приземной атмосферы цезием-137 при пылении площадных источников // Весці АН БССР. Сер. фіз.-энерг. навук. 1990. №4. С 53–58.

4. Справочник по торфу / Под ред. А. В. Лазарева и С.С. Корчунова. М., 1982.
5. Богатов Б.А., Никифоров В.А. Технология и комплексная механизация торфяного производства. Мн.: Университетское, 1988.
6. Гаврильчик А. П. Превращение торфа при добыче и переработке. Мн., 1992.
7. Ракович В.А. Количественная оценка вклада лесов и болот Беларуси в формирование источников и стоков парниковых газов. // Физика и химия торфа в решении проблем экологии: Тез. докл. междунар. симпозиума. Минск. 2002. С.137-138.
8. Бамбалов Н.Н., Ракович В.А. Роль болот в биосфере. Минск: Белорусская наука, 2005.

Carbon dioxide emission in the result of fire on peatlands

V.A. Rakovich, N.V. Molokova, T.V. Selivonchik

The results of investigations concerning quantitative estimation of dioxide carbon emissions are discussed in the article in the cases of fires on the drained peatlands and combustion of peat piles.

ПРИМЕНЕНИЕ КЛАСТЕРНОГО МЕТОДА ДЛЯ ОЦЕНКИ МИКРОБИОЛОГИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ ТОРФЯНЫХ ПОЧВ

М.А. Сергеева, С.Г. Катаев

Томский государственный педагогический университет,
г. Томск, agroecol@tspu.edu.ru

В работе показаны закономерности распределения отдельных групп микроорганизмов в олиготрофных торфяных почвах по вегетационным периодам трех лет исследований с применением кластерно-аналитического метода и использованием большого массива данных.

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 Западную Сибирь.

Среди значительного количества работ, посвященных микрофлоре торфяных почв разных регионов, практически отсутствуют исследования по всему почвенному профилю торфяных почв [1, 2]. В основном, преобладают данные по содержанию микрофлоры только верхних горизонтов, либо отдельных торфов. Полнопрофильные исследования микрофлоры показали, что запасы микробной биомассы не сосредоточены в верхних горизонтах, а в той или иной степени равномерно распределены по всему почвенному профилю до подстилающей породы. Данные исследования важны, поскольку показывают, что биологические процессы протекают не только в верхнем слое торфяной залежи, а по всей ее глубине. Различная активность биохимических процессов, происходящих в торфяных почвах приводит к различной эмиссии CO_2 и CH_4 , которые оказывают влияние на изменение климата и относятся к основным «парниковым газам». Так как торфяные почвы считаются основными источниками поступления парниковых газов в атмосферу, исследование численности микрофлоры, участвующей в трансформации органического вещества торфяных почв и образовании CO_2 и CH_4 , и ее активности по всей мощности торфяной почвы – одна из актуальнейших проблем современной микробиологии.

Цель данной работы заключается в изучении информативности кластерно-аналитического метода для описания динамики микробиологических процессов.

Исследования проводились на территории научно-исследовательского полигона «Васюганье», расположенного в пределах Бакчарского района Томской области и относящегося по болотному районированию к Западно-Сибирской таежной болотной области бореально-атлантических выпуклых олиготрофных моховых болот активного заболачивания [3]. В качестве модельного объекта принята территория малого заболоченного водосбора р. Ключ (водосборная площадь 58 км²), расположенного в северо-западной части Васюганского болота. Ландшафтный профиль, на котором проводились исследования, пересекает следующие основные виды болотных фитоценозов: высокий рям (пункт 2), низкий рям (пункт 3) и осоково-сфагновая топь (пункт 5) [4]. Определение численности микроорганизмов проводилось в соответствии с методиками института микробиологии РАН [5]. Статистическая обработка была произведена кластерно-аналитическим методом.

В работе были определены взаимосвязи между определенными группами микроорганизмов в разных торфяных почвах ландшафтного профиля. Полученные результаты приведены на рисунке 1, из которого следует что по генезису торфяная залежь пунктов 5 и 3 практически идентичны, что и предполагалось при анализе общетехнических и химических свойств

данных торфяных почв. Таким образом, было получено подтверждение одновременности протекания торфообразовательного процесса в олиготрофных почвах низкого яряма и осоково-сфагнуовой топи.

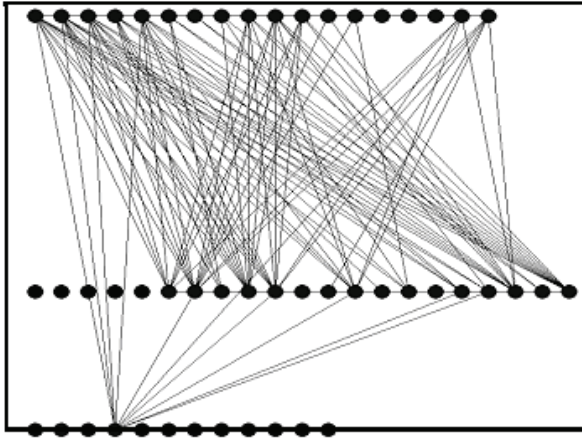


Рис. 1. Взаимосвязь между отдельными группами микроорганизмов в разных торфяных почвах ландшафтного профиля

С применением кластерно-аналитического метода было проведено сравнение отдельных физиологических групп микрофлоры всех торфяных почв и слоев торфяных почв за отдельные месяцы вегетационного периода. Прежде всего, следует отметить, что за все годы исследований выделяется активностью май (рис. 2). В особенности это можно отметить для аэробов, анаэробов, аммонификаторов, микроорганизмов на КАА, денитрификаторов. Активность последних трех групп микроорганизмов не была повторена только в сентябре. По метеоусловиям 2001 год существенно отличался от других лет. Сумма температур выше 10°C за вегетационный период была равна 1965,2, т.е. рассматриваемый период был жарким. Особенно выделяется май. При средней температуре 8.7°C в мае 2001 г. было 14.6°C . Осадки в 2001 году составляли 25.1 мм при норме 45.0 мм.

Но в последующие месяцы погодные условия характеризовались как влажные. Если ГТК по Селянину в мае был равен 0.04, то с июня по сентябрь он имел значения соответственно 1.55, 1.47, 2.18 и 1.2. Можно предположить, что засушливые условия в мае обеспечили сохранение активности микрофлоры на протяжении всего вегетационного периода 2001 года.

Представляет интерес рассмотреть активность микрофлоры за отдельные месяцы с позиций подтверждения традиционной закономерности,

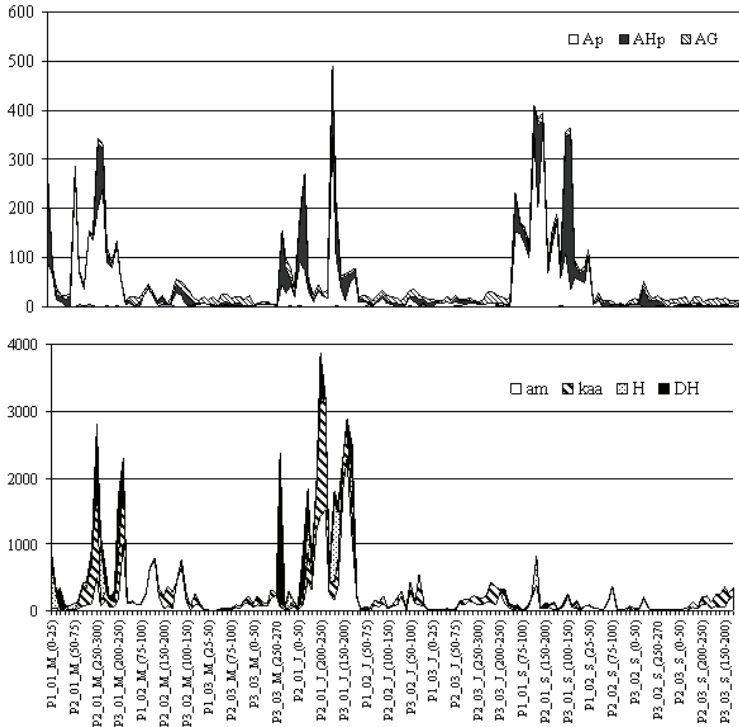


Рис. 2. Динамика различных физиологических групп микроорганизмов всех торфяных почв и их слоев за отдельные месяцы вегетационного периода (2001 – 2003 гг.): *am* – аммонификаторы, *kaa* – микроорганизмы, развивающиеся на КАА, *H* – нитрификаторы, *DH* – денитрификаторы, *AG* – гумусоразрушающие, *AP* – аэробные целлюлозоразрушающие, *AHp* – анаэробные целлюлозоразрушающие микроорганизмы. *P1, P2, P3* – пункт 1, 2, 3; *M* – май, *J* – июль, *S* – сентябрь; *01* – 2001 г., *02* – 2002 г., *03* – 2003 г. В скобках указаны глубины отбора образцов.

характерной для торфяных почв. Если считать, что май характеризуется чаще невысокими температурами, и даже при небольших осадках торфяная почва при слабом испарении переувлажнена, то практически везде в этих условиях хорошо отзываются аммонификаторы и микроорганизмы, растущие на КАА и аэробные целлюлозоразрушающие микроорганизмы. Наибольшая активность отмечена, как уже указывалось выше в 2001г. В июле такая закономерность отмечена только для аммонификаторов и микроорганизмов, произрастающих на КАА. И только в сентябре отмечен-

ная закономерность частично нарушена нитрификаторами, которые в отдельные годы (2001 г.) проявили активность, сопоставимую с активностью выделяющихся аммонификаторов и микроорганизмов, растущих на КАА.

Таким образом, расчеты, проведенные с применением кластерно-аналитического метода, позволили отметить описанные выше закономерности распределения отдельных микроорганизмов в обобщенном виде без выделения глубин и отдельных лет в торфяных почвах исследуемого ландшафтного профиля с использованием большого массива данных.

Работа выполнена под руководством проф., д. с.-х. н., чл. корр. РАСХН Л.И. Инишевой. Расчёты выполнялись по авторской программе С.Г. Катаева. Авторы выражают благодарность за помощь в выполнении работы к.ф.-м.н. Л.И. Дубровской.

Литература

1. Головченко А.В., Полянская 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. Лисс О.Л., Абрамова Л.И., Аветова Н.А. и др. Болотные системы Западной Сибири и их природоохранное значение. Тула, 2001. 584 с.
4. Васюганское болото (природные условия, структура и функционирование) / Под ред. Л.И. Инишевой. Томск. 2000. 136 с.
5. Методы почвенной микробиологии и биохимии: Учеб. пособие / Под ред. Д.Г. Звягинцева. М.: Изд-во МГУ, 1991. 304 с.

Application of the cluster method for estimation microbiological activity peat soils

M.A. Sergeeva, S.G. Kataev

The law distribution of separate groups microorganisms in oligotrophic peat soils on the vegetative periods of three years with application of a cluster-analytical method and use of the big data file are shown.

АЛЛЮВИАЛЬНЫЕ БОЛОТНЫЕ ПОЧВЫ ПОЙМЫ РЕКИ ОБИ

А.А. Снег, П.Н. Балабко

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова,
г. Москва, pn_balabko@mail.ru, sneg_anna@mail.ru

В статье рассмотрены результаты морфологического, агрохимического и микроморфологического исследования почв среднего течения р. Оби. Показано, что вследствие продолжительной поемности и повышенной аллювиальности на территории исследования формируются лугово-болотные, иловато-глеевые, иловато-торфянисто-глеевые и иловато-торфяно-глеевые почвы. Обладая высоким потенциальным плодородием, долгопоемные аллювиальные болотные почвы средней Оби не должны, тем не менее, использоваться в сельскохозяйственном производстве вследствие их высокой обводненности в течение всего вегетационного периода.

Река Обь – одна из крупнейших рек нашей планеты – имеет длину 3700 км и площадь водосборного бассейна 2929000 км². Она является главной водной артерией Западно-Сибирской равнины. Обь берет начало в горах Алтая и до впадения в Обскую губу пересекает степную, лесостепную, лесную зоны, а также лесотундру и тундру.

Наши исследования проводились на отрезках поймы р. Оби в степной (Барнаул), лесостепной (Кожевниковский р-н), лесной (Молчановский, Кривошеинский, Александровский р-ны Томской обл.) зонах.

Равнинность территории, низкий уклон реки обуславливают продолжительную поемность среднего и нижнего течения р. Оби. Средняя продолжительность заливания низин колеблется от 61 (верхнее течение) до 94 (нижнее течение) дней. В Колпашевском районе пойменные низины заливаются в среднем на 69 дней.

Средняя продолжительность заливания сенокосных грив колеблется от 17 (среднее течение, Колпашевский р-н) до 75 дней (нижнее течение).

Река Обь относится к типу рек со снеговым питанием (доля снегового питания составляет 53 %, дождевого – 27 %, грунтового – 20 %). Воды Оби по содержанию растворимых солей принадлежат к гидрокарбонатному классу (преобладают ионы HCO_3^- и Ca^{2+}) с низкой минерализацией.

Длительное стояние паводковых вод на пойме р. Оби обуславливает поверхностное переувлажнение почв и протекание глеевого процесса.

Наши многолетние исследования паводкового режима р. Оби показали необходимость выделения автохтонного и аллохтонного паводков. Автохтонный паводок формируется в результате таяния снега на прилегающей территории. Воды этого паводка холодные, почвы оттаивают медленно, растительный покров изреженный и малопродуктивный. Поступление теплых вод с южных территорий верхнего течения р. Оби (аллохтонный паводок) способствует быстрому оттаиванию почв, весенней влагозарядке и бурному развитию луговых трав. Урожайность естественных травостоев сенокосных грив в условиях автохтонного паводка составляет 3-5 ц/га сена низкого качества, в условиях аллохтонного – 25-35 ц/га высококачественного корма. Автохтонные паводки повторяются через 10-15 лет, поэтому необходимо в эти годы создавать страховой запас корма для животных на водоразделе.

Мощность современных аллювиальных наносов зависит от высоты и продолжительности половодья и колеблется от 1 до 10 см в прирусловой пойме и от 0.2 до 1.0 см – в центральной пойме. Анализ свежееотложенного наилка в центральной пойме выявил преобладание в гранулометрическом составе фракций средней и мелкой пыли и ила. В наилке депрессий центральной поймы и притеррасья содержание фракции менее 0.001 мм в составляет 45 – 47 %.

Аллювиальные почвы поймы р. Оби формируются в условиях продолжительной поемности и повышенной аллювиальности. Аллювиальные болотные почвы формируются в межгривных понижениях центральной поймы и в притеррасья. Эти почвы развиваются в условиях избыточного увлажнения атмосферными, паводковыми и грунтовыми водами и характеризуются накоплением не только гумуса, но и плохо разложившихся растительных остатков (торфонакопление). В притеррасной пойме накапливаются вещества, приносимые грунтовыми и поверхностными водами с террас и водоразделов.

Согласно классификации Г.В. Добровольского [1] и классификации 1977 года [2], в пойме р. Оби широко распространены лугово-болотные, болотные иловато-глеевые, иловато-торфянисто-глеевые (мощность торфа до 30 см), иловато-торфяно-глеевые (мощность торфа 30 – 50 см), иловато-торфяные (мощность торфа более 50 см) почвы.

Лугово-болотные почвы. Характеризуются длительным почвенно-грунтовым и поверхностным увлажнением, почвенно-грунтовые воды залегают близко к поверхности и опускаются на глубину 0.5 – 1.0 м только в конце вегетационного периода. Водный режим почв неустойчив и зависит от высоты и продолжительности паводков, а в понижениях, окаймляющих озера и старицы, от уровня воды в них. В засушливые годы почвы могут пересыхать. Неустойчивый водный режим приводит, с одной стороны, к накоплению слабогумифицированных остатков растений, что сближает

данные почвы с болотными, а с другой – к оструктуренности на значительную глубину подобно структуре луговых почв.

Профиль лугово-болотных почв представлен следующими горизонтами:

$A_{дг}$ – BG – G. Характерной чертой верхнего горизонта этих почв является зернисто-творожистая структура. Гумусовые горизонты некоторых лугово-болотных почв оторфованы, потеря при прокаливании составляет более 40 %. В переходной части центральной поймы к притеррасью (Кривошеинский и Молчановский районы) встречаются лугово-болотные железистые почвы с обилием в профиле ржавых прожилок и ортштейнов.

Лугово-болотные почвы распространены под чистыми изящноосоковыми лугами, а также под крупнотравными топянохвощово-изящноосоковыми и сабельниково-пузырчатосоковыми лугами. Лугово-болотные почвы формируются под ассоциациями, имеющими мощную корневую систему, способствующую формированию творожисто-зернистой структуры верхних горизонтов.

По своим агрохимическим свойствам лугово-болотные почвы характеризуются значительным содержанием гумуса (7.6 – 9.4 %), плавно убывающим вниз по профилю. На глубине 0,5 м содержание гумуса 2 – 3 %. В почвах достаточно высокое содержание обменных катионов (20–30 м-экв) и высокая степень насыщенности основаниями (70 – 90 %). Реакция среды кислая ($pH_{сол}$ 4.2 – 4.7). Гидролитическая кислотность 4 – 8 м-экв на 100 г почвы. Обеспеченность подвижными соединениями фосфора и калия достаточная (30 – 45 м-экв на 100 г почвы).

Гранулометрический состав лугово-болотных почв исследуемого района характеризуется преобладанием двух фракций: крупной пыли (0.05-0.01 мм) – 30-40 % и илистой фракции (< 0.001 мм) – 20-30 %. По своему составу они относятся к тяжелосуглинистым и глинистым почвам.

Характерными микроморфологическими диагностическими показателями лугово-болотных почв являются высокая макроагрегированность гидроморфного типа, обилие в гумусовом горизонте обугленных и ожелезненных растительных остатков, разнообразие ориентировки глинистой плазмы [3].

Аллювиальные болотные иловато-глеевые почвы приурочены к межривным понижениям, старым руслам рек. Они формируются в условиях очень длительного затопления паводковыми водами, часто выходящими на поверхность. Растительность представлена главным образом вейниково-осоковыми, вейниково-осоково-топянохвощовыми, хвощовопузырчато-изящноосоковыми ассоциациями. Верхняя часть профиля этих почв представляет собой иловатую мажущуюся массу, нерасчлененную на горизонты, с глубиной переходящую в сильнооглеенную минеральную толщу. По всему профилю встречаются железистые прожилки и пятна.

Аллювиальные болотные иловато-торфянисто-глеевые почвы характеризуются аккумуляцией органического вещества в форме торфа. Заиление этих почв происходит в результате осаждения илистых частиц, принесенных паводковыми водами. Данные почвы приурочены к обширным притеррасным болотам и берегам озер и стариц.

Растительность – ивово-березовое редколесье с лангсдорфовойниково-дернистоосоковым и лангсдорфовойниково-изящноосоковым травостоем. Такие участки поймы относятся к заочкарненным торфянистым болотам, это наиболее низкие элементы пойменного рельефа.

Профиль иловато-торфянисто-глеевых почв представлен иловато-торфяным горизонтом (Т) мощностью до 30 см, переходящим ниже в глеевый горизонт G. По гранулометрическому составу глеевый горизонт – глинистый водоупор, что способствует застаиванию верховодки и атмосферных осадков в надглеевом горизонте.

Для микростроения болотных иловато-торфянисто-глеевых почв характерно: отсутствие агрегированности в верхнем оторфованном горизонте, обилие в нем слабогумифицированных и обугленных растительных остатков, слабо связанных с минеральной частью почвы; диффузное, неагрегированное состояние железистой плазмы в верхней части профиля; струйчато-волоконистая ориентировка глинистой плазмы основы; отсутствие натечных глин; обогащенность верхнего органогенного горизонта панцирями диатомовых водорослей [3].

Аллювиальные болотные иловато-торфяно-глеевые почвы приурочены к обширным болотам и межгрядным узким понижениям с ивняками сабельниково-дернистоосоковыми. Мощность горизонта Т составляет 50 см и выше. Под торфяным горизонтом – мокрая сизая заиленная глинистая масса.

В оторфованном и заиленном горизонте Т под микроскопом обнаруживается большое количество грубых растительных остатков различной степени разложения. Железистая плазма не сегрегирована, что обуславливает общую ярко-бурую окраску. На общем органогенном фоне «рассеяны» пылеватые зерна первичных минералов. Горизонт обогащен диатомовыми водорослями, как аллохтонного происхождения, так и их колониями [3].

Все торфяно-глеевые почвы имеют кислую реакцию (pH_{KCl} 4.4 – 4.8), высокую гидrolитическую кислотность (8.6 – 9.5 мг-экв на 100 г почвы), степень насыщенности основаниями 73-75 %. Содержание гидролизуюемого азота составляет 6.7-11 мг на 100 г почвы (средняя и высокая обеспеченность), доступного калия – 32-49 мг на 100 г почвы (высокая обеспеченность), доступных соединений фосфора – 7.5-9.2 мг на 100 г почвы (низкая и средняя обеспеченность).

Все аллювиальные болотные почвы характеризуются повышенным содержанием органического вещества по сравнению с другими почвами поймы и достаточную обеспеченность элементами питания. Это обуславливает высокое потенциальное плодородие этих почв. Однако аллювиальные болотные почвы поймы р. Оби в исследованных районах используются мало, только лугово-болотные почвы в годы низких паводков используются в качестве сенокосных угодий.

Отличительной особенностью микроморфологического строения аллювиальных болотных почв поймы р. Оби является наличие разнообразных подвижных форм глинистой и железистой плазмы. Поэтому осушение этих почв может привести к слитизации, ожелезнению и закупорке дренажной системы глинисто-железистым материалом.

Аллювиальные болотные иловато-глеевые и иловато-торфяно-глеевые почвы вследствие их высокой обводненности не должны вовлекаться в сельскохозяйственное производство, их следует сохранять в качестве геохимических барьеров и биологических фильтров на пути стока веществ в реку Обь и в дальнейшем в Северный ледовитый океан.

Литература

1. Добровольский Г.В.. Почвы речных пойм центра Русской равнины. М., Изд-во МГУ, 1968. 296с.
2. Классификация и диагностика почв СССР. М.: Колос, 1977. 450с.
3. Балабко П.Н. Микроморфология, диагностика и рациональное использование пойменных почв Восточно-Европейской и Западно-Сибирской равнин. Автореф. докт. дисс., М., 1991. 20с.

Alluvial marsh soils of the floodplain of Ob' river

A.A. Sneg, P.N. Balabko

The results of morphological, agrochemical and micromorphological studies of Ob' middle course soils are shown in this article. Under lasting flooding and high flood-plain depositing the alluvial meadow-swamp, silty-gley alluvial and silty-peat-gley alluvial soils are forming. Despite its high potential fertility these soils ought to be saved as biological filters due to it watering all over the period of growing season.

ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТЬ «ПЕРИОДА ЭМИССИИ МЕТАНА»

Г.Г. Суворов, М.В. Глаголев

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

Известное в почвоведении понятие «Период биологической активности почв» (ПБА) применяется в данной работе к одной из составляющих такой активности – к образованию метана в заболоченных почвах. Обнаружено, что традиционное определение ПБА не очень удобно в данном конкретном случае, как с теоретической, так и с практической точек зрения. Показано, что продолжительность активного периода эмиссии метана приблизительно соответствует летне-осеннему периоду.

Введение

За последние десятилетия усиление парникового эффекта стало важнейшей проблемой современного человечества. На данный момент основной вклад в парниковый эффект вносят CO_2 и CH_4 (соответственно 60 % и 15 %). В связи с этим возникает необходимость точной оценки глобальной эмиссии метана для предсказания изменения его концентрации в атмосфере и влияния на климат [1]. Важнейшими природными источниками метана являются болота [2].

Измерения потоков CH_4 из болот проводились неоднократно [3-5]. Что касается периода, в течение которого метан выделяется в атмосферу (а его необходимо знать, чтобы подсчитать эмиссию за год), то в литературе нет устоявшихся значений этого параметра, и различные авторы определяли его по-разному [6, 7].

Период биологической активности почв по О.Н. Бирюковой

Согласно О.Н. Бирюковой, в течение года существует отрезок времени, называемый периодом биологической активности почв (ПБА), когда создаются благоприятные условия для нормальной вегетации растений, активной микробиологической деятельности, когда активны биохимические и микробиологические процессы. Продолжительность ПБА определяется как длительность периода, в течение которого температура воздуха устойчиво превышает 10°C , а запас продуктивной влаги составляет не менее 1-2 % [8].

При этом (с математической точки зрения) какая-либо характеристика биологической активности $f(t)$, непрерывно возрастающая от зимы к лету, а потом закономерно убывающая, заменяется ступенчатой функцией f_1 , равной

а) нулю от начала года до момента времени τ , соответствующего началу ПБА;

б) значению $f_{\text{ПБА}}$ от τ до момента времени $\tau + \text{ПБА}$, соответствующего концу ПБА;

в) нулю – в интервале времени от $\tau + \text{ПБА}$ до конца года.

Для такой ступенчатой функции суммарная оценка биологической активности за год (F) оказывается равной произведению двух величин:

$$F = \int_0^{365} f(t)dt \approx \int_0^{365} f_1(t)dt = \int_0^{\tau} f_1(t)dt + \int_{\tau}^{\tau+\text{ПБА}} f_1(t)dt + \int_{\tau+\text{ПБА}}^{365} f_1(t)dt = 0 + f_{\text{ПБА}}(\tau + \text{ПБА} - \tau) + 0 = f_{\text{ПБА}} * \text{ПБА}$$

Период максимально активной эмиссии метана (ПМАЭ) и период эмиссии метана

По-видимому, при оценке эмиссии метана одним из первых такой подход применил Н.С. Паников [7], который принял продолжительность ПМАЭ для территории Западной Сибири равным 110 сут. К сожалению, это значение не было каким-либо образом обосновано.

Однако теоретически обосновать это значение возможно. Когда говорят о ПБА, то подразумевают биохимические и микробиологические процессы в поверхностном слое почвы. Метаногенные микроорганизмы обитают в более глубоких почвенных горизонтах, поэтому представляется логичным, что интенсивность процесса метанобразования будет определяться не температурой воздуха, а температурой почвы. Тогда ПМАЭ можно определить, чуть изменив определение ПБА, а именно: как период, когда среднесуточная температура *поверхности почвы* остается не ниже 10 °С. На основании карты ресурсов тепла на поверхности почвы части Томской области [9], находящейся в подзоне южной тайги, мы получили значение ПМАЭ ≈ 116 сут., а для части, находящейся в подзоне средней тайги ПМАЭ ≈ 105 сут. Учитывая, что исследования, описанные в [7], проводились именно на территории Томской обл., становится понятным, почему автор рекомендует использовать ПМАЭ = 110 сут.

Но если использовать понятие ПМАЭ, определенное выше, то возникает одна проблема. Понятно, что эмиссия в течение этого периода, т.е. в самых благоприятных для нее условиях, будет максимальной (что и нашло

отражение в самом названии периода). Однако, для реальных природных условий характерна значительная изменчивость потока метана [3-5]. Кроме того, дополнительный разброс создают погрешности измерения. Таким образом, чем больше будет измерений в течение года, тем больше будет максимальное значение, а поскольку ПМАЭ не зависит от количества измерений потока, то произведение ПМАЭ на максимальный поток будет тем сильнее переоценивать истинное значение годовой эмиссии, чем больше выполнено измерений!

Итак, встает следующая задача: найти такой показатель продолжительности периода эмиссии метана (ПЭМ), чтобы соответствующий ему поток (такой, что произведение периода на поток дает суммарную эмиссию за год) был бы относительно устойчив к изменению количества измерений. Как известно, в отличие от индивидуальных числовых характеристик большей устойчивостью обладают средние величины. Значение средних заключается в их свойстве аккумулировать или уравнивать все индивидуальные отклонения, в результате чего проявляется то наиболее устойчивое и типичное, что характеризует качественное своеобразие варьирующего объекта [10]. Наиболее часто используемое среднее – это среднее арифметическое [11]. Однако оно будет наилучшей оценкой среднего значения только в предположении, что данные распределены нормально [12]. В действительности данные почти никогда не имеют чисто «гауссовского» распределения. Радикальный путь повышения качества оценки в реальных условиях связан с применением робастных оценок, слабо чувствительных к отклонениям от стандартных условий и обладающих высокой эффективностью для широкого класса распределений. Наиболее известной из робастных оценок параметра сдвига распределения случайной величины является выборочная медиана [13]. Поэтому в качестве характерных средних значений удельных потоков будем использовать именно выборочные медианы.

В [5] приведена подробная динамика эмиссии метана (с апреля по ноябрь!) для 6 местообитаний на Бакчарском болоте (Томская обл.). Путем численного интегрирования динамических кривых эмиссии мы вычислили «истинные» суммарные потоки из каждого местообитания и, разделив их на соответствующие медианы, нашли ПЭМ (табл.). Оказалось, что определенные таким образом ПЭМ в среднем немного (на 11.5 %) превышают продолжительность летне-осеннего периода (150 сут., как он определен в [14]).

Проверим полученный результат на данных других авторов. М.А. Сергеева и С.В. Задорожная [3] приводят почти столь же длительные ряды наблюдений (близ пос. Польшнянка). По данным их непосредственных наблюдений для высокого рьяма годовая эмиссия равна 6.4 г/м², а расчет по медиане (0.0017 г/м²/ч) дает: $0.0017 \cdot 4015 = 6.8$ г/м². Для низ-

Эмиссия метана из Бакчарского болота

Преобладающая растительность	Эмиссия (по [15])		ПЭМ = В/С	
	годовая, г/м ²	медиана, г/м ² /ч	часы	сут.
А	В	С	Д	Е
<i>Equisetum fluviatile</i>	51.1	0.0125	4088	170
<i>Menyanthes trifoliata</i>	76.3	0.0218	3500	146
<i>Carex rostrata</i>	73.5	0.0189	3889	162
<i>Carex rostrata</i> , переувлажнено	63.1	0.0155	4071	170
<i>Carex rostrata</i> , осушено	21.1	0.0050	4220	176
<i>Carex rostrata</i> + древесная растительность	22.9	0.0053	4321	180
Среднее значение периода эмиссии метана			4015	167

кого ряма эмиссия равна 8.9 г/м², расчет по медиане (0.0021 г/м²/ч) дает: 0.0021*4015 = 8.4 г/м². Для открытой части болота эмиссия – 16.8 г/м², расчет по медиане (0.0039 г/м²/ч): 0.0039*4015 = 15.7 г/м². Если же данные из [3] использовать не для проверки, а объединить с данными из [14], то получим, что ПЭМ превышает летне-осенний период на 12.3 % и составляет 169 суток.

Таким образом, можно сделать следующий вывод: реальная суммарная продукция метана может быть аппроксимирована произведением медианы потока на ПЭМ, который на 12.3 % превышает продолжительность летне-осеннего периода.

Литература

1. Cao M., Marshall S., Gregson K. Global carbon exchange and methane emissions from natural wetlands: Application of a process-based model // J. of Geophys. Res. 1996. V. 101. P. 14399-14414.
2. Заварзин Г.А. Микробный цикл СН₄ в холодных условиях // Природа. 1995. №6. С.25-34.
3. Сергеева М.А., Задорожная С.В. Образование и эмиссия метана в торфяных залежах олиготрофного болота // Болота и биосфера: Сборник материалов Пятой Научной Школы (11-14 сентября 2006 г.). Томск: ЦНТИ, 2006. С. 238-244.

4. Glagolev M.V. Modeling of Production, Oxidation and Transportation Processes of Methane // Global Environment Research Fund: Eco-Frontier Fellowship (EFF) in 1997. Tokyo: Environment Agency. 1998. P. 79-111.

5. Maksyutov S., Inoue G., Sorokin M., Nakano T., Krasnov O., Kosykh N., Mironycheva-Tokareva N., Vasiliev S. Methane fluxes from wetland in West Siberia during April-October 1998 // Proceedings of the Seventh Symposium on the Joint Siberian Permafrost Studies between Japan and Russia in 1998. Tsukuba: Isebu. 1999. P. 115-124.

6. Глухова Т.В., Ковалев А.Г., Смагина М.В., Вомперский С.Э. Оценка некоторых биотических компонентов углеродного цикла болот и лесов // Болота и заболоченные леса в свете задач устойчивого природопользования: Материалы конференции. М.: ГЕОС, 1999. С.182-185.

7. Паников Н.С. Таежные болота – глобальный источник атмосферного метана? // Природа. 1995. №6. С. 14-25.

8. Орлов Д.С. Химия почв. М.: Изд-во МГУ, 1985. 376 с.

9. Азьмука Т.И. Ресурсы климата // Природные ресурсы Томской области / Под ред. Гаджиева И.М., Земцова А.А. Новосибирск: Наука, 1991. С. 83-103.

10. Лакин Г.Ф. Биометрия. М.: Высшая школа, 1980. 293 с.

11. Теннант-Смит Дж. Бейсик для статистиков. М.: Мир, 1988. 208 с.

12. Тейлор Дж. Введение в теорию ошибок. М.: Мир, 1985. 272 с.

13. Костылев А.А., Миляев П.В., Дорский Ю.Д., Левченко В.К., Чикулаева Г.А. Статистическая обработка результатов экспериментов на микроЭВМ и программируемых калькуляторах. Л.: Энергоатомиздат, 1991. 304 с.

14. Рихтер Г.Д. Западная Сибирь. М.: Изд-во АН СССР, 1963. С.9, 19.

The duration of “active methane emission period”

G.G. Suvorov, M.V. Glagolev

The well-known (in soil science) conception of «Period of Biological Activity of soils» (PBA) is used in this paper for the determination of one activity of such type (methane formation in the wetlands). It was established that traditional definition of PBA did not applicable in such case both from the theoretical and practical points of view. The duration of active period of CH₄-emission approximately corresponds with an summer-autumn period.

КОМПЛЕКСНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЗАПАСОВ ТОРФЯНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ КАК СТРАТЕГИЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ И ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТОРФОПРЕДПРИЯТИЙ

А.Е. Тимофеев, Т.Б. Яконовская

Тверской государственной технической университет, г. Тверь,
Peatmaster@gmail.com

В работе рассмотрен комплексный подход к использованию минеральных и органических ресурсов торфяных месторождений. Исследована экономическая эффективность добычи и переработки минеральных подстилающих отложений и показана ее антикризисная роль при внедрении на торфопредприятиях. Проведен литературный обзор и анализ экспериментальных данных по получению и использованию органоминеральной продукции из торфа и подстилающих отложений. Изучена возможность создания избыточной увлажненности при сработке минеральных слоев и последующего восстановления болотообразовательного процесса.

Традиционные технологии разработки торфяных месторождений сосредоточены, как правило, на добыче запасов органического материала, однако болота имеют огромные запасы минеральных и органоминеральных компонентов в виде подстилающих залежь отложений и находящихся в структуре залежи сапропелевых образований [1].

Экономический анализ эффективности добычи и переработки минерального подстилающих отложений выполнен на основании модельного построения кривой прибылей и рассмотрения жизненного цикла (ЖЦ) предприятий .

Анализ перспектив получения композиционной продукции из минерального и органического сырья торфяных месторождений проведен по результатам литературного обзора и экспериментальных данных, полученных при совместной переработке торфа и глинистых материалов.

В качестве подстилающих торф минеральных отложений могут выступать такие материалы как суглинки, глины, илы, сапропели и т. д., которые являются сырьем для получения качественной композиционной продукции на основе торфа, что существенно может повлиять на экономическую эффективность торфопредприятия.

Экономическая ситуация в торфяной промышленности свидетельствует о необходимости выбора индивидуальной стратегии [2]. Поиск точек роста экономической отрасли может быть начат с оценки возможности производства новых конкурентоспособных видов продукции, которые существенно влияют на жизненный цикл (ЖЦ) торфопредприятия. В свою очередь любое торфяное месторождение имеет определенный ЖЦ в силу ограниченности запасов сырья. В связи с этим, ЖЦ торфодобывающего предприятия зависит от особенностей залежи и выражается в интенсивности добычи. ЖЦ торфяного предприятия целесообразно строить либо в виде кривой прибылей, либо в виде объемов добычи за сезон. Это позволяет: 1) строить ЖЦ по реальным данным; 2) использовать ЖЦ как практический инструмент стратегического управления. Из анализа рис. 1 следует, что торфопредприятие проходит следующие стадии.

1. *Проведение геолого-разведочных работ и организация предприятия.* Требуется денежные расходы (регистрация предприятия и оформление лицензий, приобретение производственного оборудования и т. д.). Добыча торфа и прибыль отсутствуют.

2. *Растущая добыча.* Предприятие начинает добычу торфа и наращивает ее темпы, вследствие чего получает прибыль. Ограничение объема добычи торфа на этом этапе связано с ограниченностью производственных ресурсов.

3. *Стабильная добыча.* Прекращается расширение производства, доходы достигают максимума. Рост предприятия ограничивается мощностью залежи.

4. *Падающая добыча.* На отрезке АВ отмечается уменьшение объемов добычи и качества торфяной продукции, на которую было ориентировано предприятие. Прибыль снижается. Отрезок ВС характеризует полное истощение торфяной залежи. Для повышения эффективности производства торфопредприятие может либо изменить систему ценообразования, либо перепрофилировать производство на выпуск новых видов продукции, ориентированной на новые сегменты рынка. В соответствии с технологией комплексной добычи органического и минерального сырья избежать кризисной ситуации можно путем выпуска торфоминеральной продукции. Таким образом, технология добычи минерального сырья и производства органоминеральных материалов является стратегией антикризисного развития торфопредприятия (рис. 1).

Поскольку торфяная залежь срабатывается участками, то инвестирование части своих финансовых ресурсов в освоение и разработку новых видов продукции и добычу минеральных запасов можно организовывать заблаговременно. Данные меры должны продлить период стабильной добычи и дохода (рис. 1).



Рис. 1. Добыча и переработка минерального сырья как антикризисная стратегия развития торфопредприятия

Анализ работ по композициям из торфа и глинистых материалов [3-8] показывает, что можно выделить следующие виды продукции: пустотелые заполнители бетонов, сырье для газификации, засыпка туалетов домашних животных и биотуалетов, сорбенты тяжелых металлов и грунты для растений.

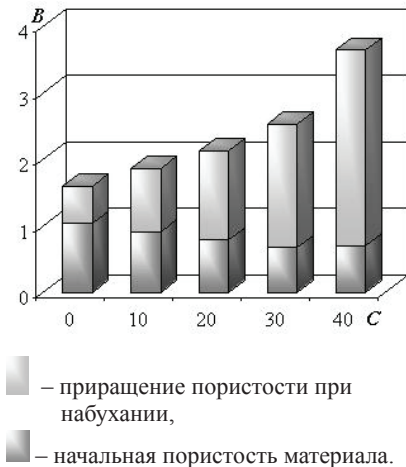


Рис. 2. Начальная пористость и приращение объема пор при набухание гранул с различным содержанием С, % каолиновой глины.

Применяемый в качестве заполнителя легких бетонов керамзит в ряде случаев не может обеспечить высокой пористости. Заполнитель из торфа с глинистой оболочкой характеризуется большой межзерновой пористостью, а также обладает высокой открытой пористостью самих зерен, которые впоследствии доступны для насыщения цементным тестом. В качестве минерального покрытия возможно применение разнообразных глинистых материалов без заметного снижения характеристик заполнителя [4].

Еще одним из направлений использования торфа и глинистых материалов является термическое разложение их смеси с целью получения пиролизного газа [5].

Разложение органической части торфа в присутствии природных минеральных компонентов (глинистый мергель, каолиновая и бентонитовая глины) повышает качество пиролизного газа (увеличивает объем и содержание углеводородов), что выражается в повышении теплоты сгорания газа [5]. Внесение глинистых материалов также способствует интенсификации процесса и протеканию газификации сырья при более низких температурах.

При оценке водно-физических свойств торфоглинистых композиций было установлено, что повышение емкости поглощения и скорости впитывания характерно для всех исследованных смесей, содержащих в своем составе глинистые компоненты. Так же установлено, что органоминеральные материалы характеризуются большим набуханием, хотя начальная пористость сорбента с глиной ниже (рис. 2). Изучение кинетики набухания композиций показало, что повышение скорости водопоглощения возрастает пропорционально концентрации минеральных добавок.

Совмещение природных ионообменников, таких как торф, глаукониты, бентониты, клинотиполиты, позволяет расширить их возможность для очистки сточных вод [1]. Во ВНИИТП была разработана схема получения формованных торфоминеральных композиций, позволяющая достичь высокой обменной емкости по меди, а также ионам никеля и цинка [6]. Также возможно получать водостойкий сорбент из торфа, обработанного водными растворами щелочей и аммиака, и глины, который имеет повышенные сорбционные характеристики по отношению к катионам цезия, стронция и рутения [7].

При полном извлечении торфа переходный (границный с минеральным) слой не может применяться в соответствии с основным направлением использования. Он представляет минерализованную, сильно гумифицированную породу, с включениями полуразложившегося органического вещества и может быть использован для выращивания сельскохозяйственных культур [8].

Кроме того, сработка минеральных отложений в соответствии с их капиллярной структурой должна стать методом создания избыточной увлажненности на выработанной поверхности (вследствие капиллярного подъема влаги) и восстановления болотообразовательного процесса [9].

Таким образом, внедрение технологии комплексного извлечения и переработки органического и минерального сырья торфяных месторождений позволяет значительно повысить экологическую и экономическую эффективность торфяных производств.

Литература

1. Ситро К.А., Ягольницер М.А. Роль минерально-сырьевого комплекса в экономике России // ЭКО, 2002. №7.
2. Торфяная отрасль России на рубеже XXI века: проблемы и перспективы / Матер. науч.-практ. конф. ученых и производителей торф. отрасли с междунар. участием. Тверь: ТГТУ, 1999. Ч.1. 180 с.
3. Гревцев Н.В. Научные основы технологии торфяных композиционных материалов: дис.... д-ра техн. наук. Тверь, 1998. 459 с.
4. Мисников О.С., Гамаюнов С.Н. Пустотелый заполнитель для легкого бетона на основе торфа и минерального сырья //Строительные материалы. 2004. № 5. С. 22-24.
5. Афанасьев А.Е., Сульман Э.М., Мисников О.С., Алферов В.В. Низкотемпературная газификация торфоминеральных материалов // Горный журнал: специальный выпуск. 2004. С. 121-124.
6. Физикохимия торфа и сапропеля, проблемы их переработки и комплексного использования // Материалы VII междунар. науч.-техн. конф.(31 мая – 3 июня 1994 г, Тверь). 1994. Ч. 2. 84 с.
7. Белькевич П.И., Чистова Л.Р. Торф и проблемы защиты окружающей среды. Тверь: ТГТУ, 1979. 64 с.
8. Крупнов Р.А., Попов М.В. Рекультивация выработанных торфяных месторождений: Учеб. пособие. Тверь: ТГТУ, 1995. 78 с.
9. Макаренко Г.Л. Геология торфяных месторождений. Тверь: ТГТУ, 2001. 216 с.

Complex use of peat deposit's resources as a strategy of economic and ecological efficiency in crease at the peat enterprises

A.E. Timofeev, T.B. Jakonovskaja

A technology of multiple use of mineral and organic resources from peat deposits is considered. Economic efficiency of mineral underlying resources extraction and processing is investigated. The anti-crisis role of this technology at the peat enterprises is shown. The review of scientific publications and the analysis of experimental data, concerned with making of organic-mineral products from peat and underlying resources, are carried out. The opportunity of creation the increased moistening after excavation of mineral layers and the subsequent bogging restoration are investigated.

НАУЧНЫЕ ОСНОВЫ ПЕРЕРАБОТКИ СОСНОВОЙ КОРЫ И САПРОПЕЛЯ В НЕТРАДИЦИОННЫЕ УДОБРИТЕЛЬНЫЕ КОМПОЗИЦИИ

О.А. Ульянова, А.С. Нечаева, Ю.Г. Шаталова

Институт химии и химической технологии СО РАН, г. Красноярск,
maestro1964@mail.ru
Красноярский государственный аграрный университет, г. Красноярск

В работе обоснована утилизация сосновой коры и сапропеля для приготовления удобрительных композиций. Рассмотрены минерализация и гумификация удобрительных композиций в процессе компостирования в течение годового периода наблюдений в модельном опыте.

Внесение удобрений в Красноярском крае, несмотря на прогрессирующее обеднение почв пашен основными элементами минерального питания (N, P, K) и микроэлементами, имеет тенденцию к галопирующему снижению. Количество удобрений, вносимых на один гектар посевных площадей, снизилось за десять лет в 2.2 раза по Чулымско-Енисейской группе сельскохозяйственных районов, в 9 раз – по Ачинско-Боготольской и в 11 раз – по Минусинской группам. Урожайность и валовой сбор зерновых культур из-за низкого плодородия почв и сокращения пахотных земель не достигают нормы продовольственной самообеспеченности (3.2 центнера зерна на одного жителя края против пяти по норме), что составляет угрозу продовольственной безопасности Красноярского края [1]. Выходом из создавшейся ситуации могут быть мероприятия, направленные на воспроизводство и поддержание плодородия почв. Для этого необходимо вносить в почву удобрения в достаточных и научно обоснованных дозах. В связи с резким снижением обеспеченности хозяйств края (импортируемыми) минеральными удобрениями необходимо перейти к использованию местных агроуд и отходов промышленности, пригодных для приготовления удобрений на их основе.

Данное исследование направлено на утилизацию крупнотоннажных отходов лесоперерабатывающих предприятий (коры) и использование местных болотных образований (сапропеля) с целью приготовления на их основе нетрадиционных удобрений.

Запасы древесной коры и сапропеля в Красноярском крае огромны. В результате деятельности деревообрабатывающих предприятий края ежегодно образуется около 500 тыс.т. коры, которая сжигается или вывозится на

свалки, что является серьезным фактором загрязнения окружающей среды. Проблема вторичного использования этих отходов имеет не только хозяйственное, но и экологическое значение. Кора содержит все основные биогенные элементы, которые в процессе её минерализации могут быть доступны растениям. Она характеризуется высоким содержанием органического вещества, но ее недостатком является низкое содержание азота. К ценным природным ресурсам региона, улучшающим плодородие почв, относится и сапрпель, который авторы предлагают использовать в качестве компонента к коре при производстве удобрительных композиций на их основе. На территории края расположено 2625 озер с залежами сапрпели. Прогнозные запасы сапрпели только в одном озере Малый Кызыкуль, расположенного на юге Красноярского края, оцениваются в 8997 тыс.т. Средняя мощность слоя сапрпели этого озера достигает 1.95 м, а водная толща над залежами всего 0.5 м, что обуславливает легкость его добычи и использования.

В условиях недостаточной обеспеченности удобрениями агропромышленного комплекса Красноярского края утилизация сосновой коры с местным сырьем – сапрпелем для производства новых удобрительных композиций является наиболее перспективным.

Методика исследования

Для получения удобрительных композиций в качестве исходного сырья использовалась свежедробленная кора сосны (отход местного ЛПК) и сапрпель озера Малый Кызыкуль. Элементный состав коры и композиций, полученных на ее основе, определяли на анализаторе – «Flash EA-1112, Thermo Quest».

Компостирование указанных компонентов осуществлялось в лабораторных условиях в пластмассовых сосудах в течение одного года по следующей схеме: 1. Кора (без внесения минеральных добавок) – контроль; 2. Кора + N_{mPc} (короминеральная композиция – КМК); 3. Кора + N_{mPc} : сапрпель в отношении 2:1 (короминеральносапрпелевая композиция – КМСК). Влажность композиций поддерживали на уровне 60 % от полной влагоемкости.

В течение всего периода компостирования оценивали трансформацию органического материала композиций по процессам минерализации и гумификации.

Минерализацию органического вещества приготовленных смесей определяли по целлюлозоразложению по методике Д.Г. Звягинцева аппликационным методом (экспозиция 10 дней) и по продуцированию CO_2 абсорбционным методом в модификации И.Н. Шаркова. Суммарное продуцирование углекислого газа в виде $C-CO_2$ за период наблюдений выпол-

нили методом линейного интерполирования [2]. Количественную оценку процесса гумификации полученных удобрительных композиций, прокомпостированных в течение 3, 6, 9 и 12 месяцев проводили по методикам [3, 4]. Легкогидролизуемый азот в компостируемых композициях определяли методом Корнфилда [3]. Полученные результаты исследования были обработаны статистически методом дисперсионного анализа [5].

Результаты исследования

Исходная сосновая кора содержала в %: С – 52.00; О – 37.66; Н – 5.89; N – 0.34. Широкое отношение С:N, равное 153, сдерживало разложение коры микроорганизмами, поэтому отношение углерода к азоту было сбалансировано внесением в кору сосны мочевины (N_M). В качестве источника фосфора вносили суперфосфат (P_c). Кроме этого, добавляли сапрпель, который по составу был известково-кремнистый ($CaO - 25\%$, $SiO_2 - 50\%$), характеризовался нейтральной реакцией среды, низким содержанием органического вещества (26-28 %) и высоким содержанием азота (1.9 %). Исходя из состава коры и сапрпеля, видно, что эти два компонента при совместном применении гармонично дополняют друг друга, поэтому они и были выбраны для приготовления удобрений.

Минерализация органического вещества коры сосны (контрольный вариант) на протяжении первых 5-ти месяцев компостирования происходила медленно, о чем свидетельствовали низкие среднестатистические значения скорости продуцирования CO_2 (11-12 г С/ м² в сутки). Лимитирующим фактором, снижающим интенсивность минерализации органического вещества исходной сосновой коры являлся кислый рН, широкое отношение С:N (153). Внесение в кору минеральных удобрений, сапрпеля способствовало нейтрализации кислой реакции среды исходной коры, уменьшению отношения С:N до 25-26 в зависимости от варианта опыта в первые три месяца компостирования, что стимулировало рост численности микроорганизмов, участвующих в деструкции органического материала композиций. Следует отметить, что численность бактерий была наибольшей в варианте с сапрпелем и превышала контроль в 5 раз, что обусловлено составом КМСК. В этой удобрительной композиции содержалось больше всего легкогидролизуемого азота на протяжении девяти месяцев компостирования, который микроорганизмы использовали для клеточных синтезов. Причем, его содержание с увеличением срока компостирования в КМСК закономерно повышалось с 476 мг/кг, отмеченное в исходной смеси, до 1394 мг/кг (9 мес. компостирования). Было выявлено, что содержание легкогидролизуемого азота в исследуемых композициях в зависимости от срока компостирования и состава композиции превышало контрольный вариант в 3.2-5.7 раза.

Из рисунка видно, что суммарное количество углекислого газа, выделявшегося за годовой период наблюдений, было максимальным в варианте с сапропелем, что свидетельствует о высокой интенсивности процесса минерализации в КМСК, обусловленной составом этой композиции.

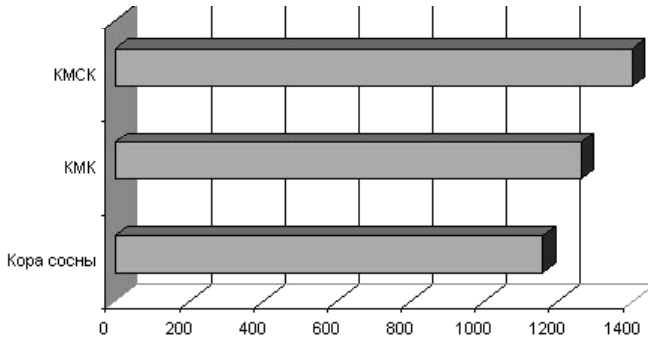


Рис. Суммарное продуцирование углекислого газа за годовой период наблюдений, г/м²

Интенсивность минерализации органического вещества в композициях оценивали и по целлюлозоразложению. Согласно шкале, разработанной Д.Г.Звягинцевым, интенсивность разложения целлюлозы на протяжении всего периода компостирования на контроле характеризовалась как очень слабая и составляла около 1 %, что было обусловлено кислым рН, низким содержанием азота в этом варианте. Интенсивность разложения целлюлозы в исследуемых композициях (КМК, КМСК) характеризовалась средними значениями (40-54 %) этого показателя.

Результаты исследования показали, что деструкция компостируемых композиций приводит к изменению их химического состава. Доля экстрагируемых 0.1 н щелочью веществ, которые условно мы относим к гумусовым, сократилась с 17.8 в исходной коре до 8.6-9.7 % в исследуемых композициях к концу 3-х месячного срока компостирования. Это связано с освобождением коры сосны от сопутствующих гумусовым веществам смол, фенольных соединений, танинов и др., а не уменьшением количества гумусовых веществ. По мнению авторов [6], освобождение коры от токсичных концентраций такого рода веществ является наиболее существенным агроэкологическим результатом компостирования. Объективным свидетельством произошедшей гумификации исследуемых композиций послужило изменение соотношения гуминовых кислот к фульвокислотам, которое изменялось в исследуемых композициях в начале компостирования от 0.5-0.6 до 1.0-2.3 к концу периода наблюдений.

Заключение

Результаты проведенных исследований показали возможность получения из малоиспользуемых отходов деревообработки и сапропеля удобриельных композиций с содержанием гумусовых веществ 9-10 %. Реализация данного подхода позволит решить проблему утилизации крупнотоннажного углеродсодержащего отхода (коры), использовать местные агроруды (сапропели), увеличить удобриельные ресурсы для агропромышленного производства, в которых оно остро нуждается, а также вернуть биогенные и минеральные элементы в биологический круговорот.

Литература

1. Махнева Г.Г., Васин С.Ю., Поляков А.В. и др. Минерально-сырьевая база агрономических руд – основа продовольственной безопасности // Роль минерально-сырьевой базы Сибири в устойчивом функционировании плодородия почв: Мат-лы Всерос. науч.-практ. конф. (11-13 июля 2001 г. Красноярск). 2001. С. 21-42.
2. Шарков И.Н. Метод оценки и потребности в органических удобрениях для создания бездефицитного баланса углерода в почве пара / Агрохимия. 1986. № 2. С.109-117.
3. Агрохимические методы исследования почв. М: Наука. 1975. 656 с.
4. Пономарева В.В., Плотникова Т.А. Методические указания по определению содержания и состава гумуса в почвах. Л., 1975. 105 с.
5. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. М.: Колос. 1979. 416 с.
6. Варфоломеев Л.А., Шапошникова Л.В., Бенедиктова А.И. Влияние древесной коры и коровых компостов на гумусное и агроэкологическое состояние почвы // Почвенные исследования на Европейском севере России: Сб. статей. Архангельск. 1996. С. 181-190.

Scientific bases of redwood bark and sapropel processing into non-traditional fertilizing compositions

O.A. Ulyanova, A.S. Nechaeva, U.G. Shatalova

In this work utilization of redwood bark and sapropel for fertilizing composition producing was proved. Also were considered mineralization and humification of fertilizing compositions in the process of composting during a year of model experiment.

ПЕРСПЕКТИВА ПОДГОТОВКИ КАДРОВ ПО СПЕЦИАЛЬНОСТИ ТОРФОВЕДЕНИЕ

И.В. Федыко

Томский государственный педагогический университет, г.Томск,
kitrusmed@yandex.ru

Целью работы является обоснование открытия специализации «Торфяные ресурсы и торфопользование».

Торфяные болота и торф являются буферным регулятором в биосфере, возможным заменителем невозобновляемых энергетических ресурсов и минерального сырья. Это крупнейший природный ресурс комплексной биологической интенсификации растениеводства и животноводства России, занимающей первое место в мире по площади торфяников и разнообразного торфяного сырья. Они участвуют в различных биогеосферных функциях планеты (рис.1) [1]. Таким образом, торфяно-болотные экосистемы играют существенную роль в биосфере.

В этой связи чрезвычайно актуальны вопросы сохранения и рационального использования ресурсов торфяных болот, прежде всего тех регионов, где наблюдается их концентрация. К таким регионам относится Западно-Сибирский, где сосредоточено до 51 % торфяных ресурсов России с запасами торфа 113 712.8 млн.т. Ни одна из областей народного хозяйства России за 90-е годы не была подвержена столь бездумному и разрушительному «реформированию» как сельскохозяйственное торфопользование. Лишь в отдельных областях и республиках не была проведена полная ликвидация торфяной отрасли, в связи с чем сократился и кадровый потенциал работников данной сферы. Так, в 70-80-е годы прошлого столетия на 229 торфопредприятиях в 37 регионах работало более 100 тыс. специалистов [2].

В настоящее время, численность предприятий по переработке торфа существенно сократилась (более чем в 4 раза), а количество занятых специалистов в отрасли составляет около 2.5 тыс. Однако в последнее время правительство РФ разработало ряд документов, поддерживающих торфяную отрасль, прежде всего, это программа «Энергетическая стратегия развития России на период до 2020 года». В разделе «**Возобновляемые источники энергии и местные виды топлива**» подчеркивается необходимость осуществления государственной поддержки создания межсезонных запасов торфяного топлива.

Перспектива развития данной отрасли связана и с инвестициями, но ни один инвестор не будет вкладывать свои средства в отжившие техноло-

гии при отсутствии перспективного кадрового потенциала. В связи с этим и возникает проблема подготовки молодых специалистов, способных работать в торфодобывающем и перерабатывающем комплексе. Профессиональная и обширная подготовка специалистов торфяной отрасли проводится в России лишь в Тверском государственном техническом университете. Здесь сложились научные школы известных ученых и организаторов торфяной промышленности: М.П. Волоровича, С.Г. Соколова, В.Е. Раковского, С.Н. Тюремнова, И.И. Лиштвана, Е.Т. Базина и многих других. Частные разделы природопользования на торфяных болотах преподаются на отдельных кафедрах горных институтов (г. Екатеринбург), политехнических университетов, университетов и академий сельского хозяйства мелиоративного и лесохозяйственного профиля.

Необходимость открытия специальности «торфоведение» на базе Томских ВУЗов объясняется широким распространением торфяных ресурсов, а также востребованностью специалистов торфяного профиля в данном регионе. Открытие такой специальности обладает мировым уровнем новизны, так как комплексное обучение, касающееся фундаментальных (образование, функционирования и охрана болот, физикохимия и биология торфа и др.), а также технологических задач создания передовой отрасли (разведка, технологии добычи и глубокой переработки торфа) будет создано впервые. В настоящее время на базе биолого-химического факультета Томского государственного педагогического университета открылась специализация «Торфяные ресурсы и торфопользование». Программа специализации подразумевает 2-х годичное обучение и включает в себя такие дисциплины как: «ДПП.ДС.01 Болотообразовательный процесс», «ДПП.ДС.02 Гидрология и геохимия болот», «ДПП.ДС.03 Физикохимия и биология торфа» и «ДПП.ДС.04 Комплексная переработка торфа» [3].

По предложенным дисциплинам предусмотрены как лекционные, так и лабораторные занятия, которые будут проводиться на базе сертифицированной проблемной лаборатории агроэкологии ТГПУ, оснащенной современным оборудованием. Также предусмотрены экскурсионные занятия на базе других организаций с целью комплексного изучения дисциплин (лаборатории СибГМУ, ТГСУ, ТПУ и др.), экспедиционные выезды студентов на научно-исследовательские болотные стационары.

В рамках данной программы обучения будут использованы методические пособия, написанные ведущими специалистами данной отрасли (Маслов Б.С., Панов В.В., Глаголев М.В. и др.). Одним из основных учебных пособий является «Большой практикум: физикохимия, биология и комплексная переработка», подготовленный коллективом молодых авторов под руководством член корр. РАСХН, профессора Л.И. Инишевой.

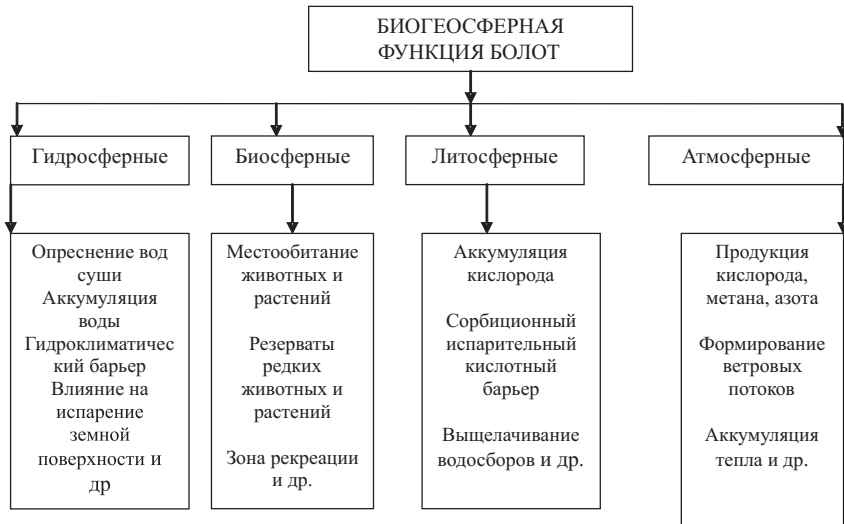


Рис.1 Биогеосферные функции болот

Данное учебное пособие представляет собой первую попытку познакомиться с торфяными болотами со всех сторон: природный ресурс и полезное ископаемое, природные экосистемы, сырье для промышленности и сельского хозяйства, лесо- и сельскохозяйственные угодья. Основной задачей Практикума является получение комплексных знаний о торфяных болотах. Поэтому в очень краткой форме в нем приводятся сведения о большей части проблем, касающихся торфяного направления.

В начале практикума приводятся сведения о процессах торфообразования, условиях формирования торфяных месторождений и их характеристика.

Одновременно в курсе излагаются некоторые методы химического и биохимического анализа торфов и болотных вод. Практикум заканчивается вопросами охраны болот и отдельными аспектами комплексного использования торфа и сапропелей. По окончании данной специализации на факультете предусмотрена аспирантура по специальности «03.00.27 почвоведение», включающая обязательные стажировки в МГУ, Институте микробиологии РАН (г. Москва), Пущинском научном центре (Московская область), в научно-исследовательских институтах Европы (Беларусь, Швейцария).

Таким образом, мы можем с уверенностью сказать, что открытие специализации «Торфяные ресурсы и торфопользование» является новым этапом создания кадров для торфяной промышленности в России.

Литература

1. Косов В.И. Торф и сапрпель – мощный геоэкологический и энергетический потенциал России // Торф и бизнес. 2005. С. 14-19.
2. Беляков А.С. Торфяной ресурсный и научно-производственный потенциал России в решении региональных проблем теплоэнергетики, агрокомплекса и охраны окружающей среды // Торф и бизнес. №2. 2006. С. 16-201.
3. Инишева Л.И. О подготовке кадров по специальности торфоведение // Торф и бизнес. №3. 2006. С. 40-42.

Prospect of a professional training on speciality bases of studying of peat

I.V. Fed'ko

*The purpose of work is the substantiation of opening of specialization
“Peat resources and peat utilization”.*

О ДИНАМИКЕ НЕКОТОРЫХ ПОЙМЕННЫХ БОЛОТ НА СЕВЕРО-ЗАПАДЕ ВОЛОГОДСКОЙ ОБЛАСТИ

Д.А. Филиппов

Вологодский государственный педагогический университет, г. Вологда,
philppov_d@mail.ru

В работе приведены данные о динамике пойменных болот северо-запада Вологодской области. Для пойменных болот характерно высокое видовое богатство (55% флоры болот области) при низкой доле участия большинства из них в сложении сообществ; длительное нахождение на низинной стадии развития; постоянное осадконакопление; преобладание древесных, осоковых и тростниковых торфов.

В Вологодской области по данным разных авторов [1-3 и др.] болота занимают от 9 до 14 % территории. Исследования торфяных болот проводилось спорадически и имело в основном прикладной характер. Многочисленными геологоразведочными организациями в советский период на тер-

ритории области было выявлено порядка 4500 торфяных месторождений, из которых обследовано около 2600 [1]. Основным направлением исследований стало изучение запасов и свойств торфяного сырья, особенностей размещения месторождений торфа [4]. Работы, посвящённые изучению структуры, динамики, палеогеографии, палеоботаники, экологии и районированию болот области единичны. Поэтому в настоящее время, когда роль болот в функционировании и поддержании устойчивости биосферы уже никто не подвергает сомнению, исследования болотных экосистем на региональном уровне является необходимым и значимым звеном познания их природы.

Методика исследований

Полевые исследования проводились в 2005-2006 гг. на территории Вытегорского административного района Вологодской области. Всего обследовано 6 болотных массивов пойменного залегания: Крестенское болото (№ 13; левобережная пойма нижнего течения р. Андома); Тимховское (№ 28, в пойме р. Палая); Илекса (№ 30, в пойме р. Илекса); Сорожское-Дольное (№ 31, в пойме р. Поврека); Чунд-ручей (№ 56, в пойме р. Чунд-ручей); Панское (не учтено в материалах геологоразведки, в пойме р. Панский ручей). В ходе маршрутных исследований для каждого болотного массива составляли флористические списки, выполняли геоботанические описания характерных растительных сообществ, а также проводили бурение торфяных залежей, как по линии стратиграфических профилей, так и на отдельных болотных участках в их центральных частях. При бурении измерялась глубина залежи, определялся тип подстилающих пород. На некоторых пробных площадях проведён послойный отбор образцов торфа с помощью ручного торфяного бура конструкции Инсторфа для последующего анализа степени разложения и ботанического состава.

Всего заложено 32 скважины, отобрано 695 образцов. Определение проводилось в лаборатории болотных экосистем Института биологии КарНЦ РАН (г. Петрозаводск) главным биологом Н.В. Стойкиной по стандартным методикам [5] с использованием атласов и определителей [6, 7]. Для построения стратиграфических диаграмм состава торфа использована разработанная к.б.н. С.А. Кутенковым (ИБ КарНЦ РАН) компьютерная программа Strat: Peat GM (рацпредложение №1084 от 07.06.2006 г.).

Результаты исследований

Болотные экосистемы в поймах равнинных рек отличаются высокой сложностью и разнообразием. На пойменных болотах изучаемой нами территории (бассейн Онежского озера) произрастает 220 видов высших

растений, что составляет около 55 % объединённой парциальной флоры высших растений болот Вологодской области. Для примера, на водораздельных олиготрофных болотных массивах области видовое богатство можно оценить в пределах 20–25 % флоры болот. Ценолитическое разнообразие пойменных болот также имеет свои специфические черты и, как правило, связано с широким распространением осоковых, тростниковых, осоково-гипновых, осоково-болотноразнотравных, а также розговых и вейниковых сообществ.

Несмотря на высокое видовое богатство современных сообществ, роль отдельных видов и групп видов очень сильно отличается. Например, из 156 видов сосудистых лишь 55 встретились при выполнении геоботанических описаний, около 40 обнаружено при ботаническом анализе торфа. Основными растениями торфообразователями выступают *Carex cespitosa*, *C. lasiocarpa*, *Menyanthes trifoliata*, *Equisetum fluviatile*, *Phragmites australis*, *Betula*, реже *Carex rostrata*, *C. acuta*, *Comarum palustre* и другие. Схожая картина наблюдается и в отношении мохообразных. Из выявленных 64 видов мхов, только 20 имеют хотя бы небольшое проективное покрытие (от 1-2 до 10-15 %) в современном растительном покрове, а в торфах отмечено 14 видов и родов. Наиболее часто встречаются виды родов *Drepanocladus* и *Calliergon*, реже *Mnium* sp., *Paludella squarrosa*, *Sphagnum sect. Subsecunda*, *S. warnstorffii* и другие.

Торф, являясь производным растительного покрова, как правило, отражает характерные черты материнских сообществ. Это позволяет проследить последовательную смену растительных сообществ в течение всего периода развития болотного массива. Наиболее общие закономерности развития болот и отдельных его участков можно получить при отборе образцов стандартной методикой Инсторфа (через 25 см). Такой отбор был произведён на одной из скважин на приречном участке болота Крестенское (рис. 1). Торфяная залежь состоит из осоковых низинных торфов (за исключением самого верхнего осоково-сфагнового низинного слоя).

Из анализа этой диаграммы (рис. 1) можно выделить в прохождении растительным покровом 5 основных этапов. Первые четыре этапа связаны с доминированием в сообществах осок (сначала *Carex rostrata*, а в дальнейшем *C. lasiocarpa* и *C. acuta*) и невысокой долей видов болотного разнотравья (тростник, хвощ). На четвёртом этапе, после заметного изменения участка поёмного и аллювиального процессов в развитии болотного участка, начинается изменение динамики сообщества в сторону уменьшения доли видов осок и усиления роли вахты и *Sphagnum sect. Subsecunda*, появляется ряд новых видов (*Carex chordorrhiza*, *C. limosa*, *Calliergon*, *Salix* sp.). На современном этапе данный участок был описан как болотная фация простого строения, относящаяся по топо-экологической классификации

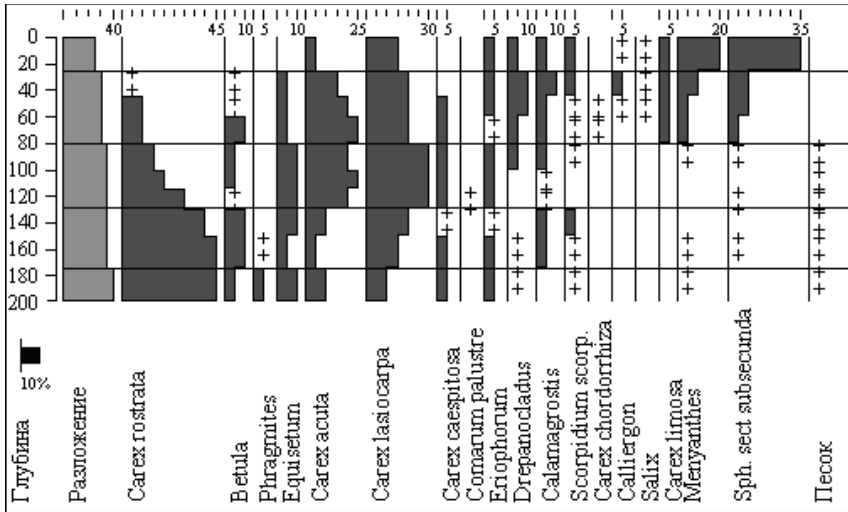


Рис. 1. Динамика приречного евтрофного болотного участка (скважина №1, болото Крестенское, Витегорский район, Вологодская область)

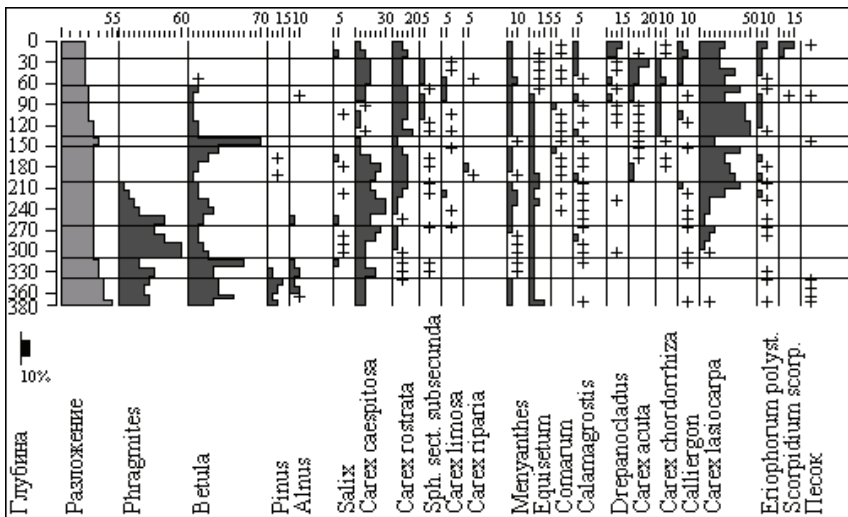


Рис. 2. Динамика пойменного евтрофного болотного участка (скважина №30, болото Илекса, Витегорский район, Вологодская область)

О.Л. Кузнецова [8 и др.] к топяной аллювиальной группе мезотрофного класса к ассоциации *Carex lasiocarpa – Sphagnum platyphyllum*.

Метод отбора проб через 25 см позволяет установить только основные этапы развития болотных экосистем, а более мелкие смены остаются вне поля зрения исследователей. Поэтому из ряда скважин отбор образцов проводился через 12-13 см, что значительно увеличило объём работ по анализу торфов, но позволило получить интересные и более детальные материалы. Метод более частого отбора образцов был опробован на болоте Илекса (рис. 2).

Согласно этой диаграмме в развитии растительного покрова одного из болотных участков можно проследить не менее 10 этапов, которые связаны с уменьшением роли тростника и древесных пород и увеличением доли осок и гипновых мхов. Смену видов торфов в залежи (палеосообществ) в этом разрезе можно представить в виде схематического ряда: древесные низинные → древесно-тростниковые низинные → осоково-тростниковые низинные → древесно-осоковые низинные → осоковые низинные → гипново-осоковые низинные.

Заключение

Для пойменных болот характерно высокое видовое богатство (55 % общей флоры болот области) при низкой доле участия большинства из них в сообществах, что отражается в составе и структуре торфяных залежей. В целом развитие и динамика пойменных болот характеризуется длительным нахождением на низинной стадии, так как тесно связана с грунтовым питанием (о чём свидетельствует наличие ряда евтрофных видов, как в торфах, так и современных сообществах). Выраженность и длительность поёмного и аллювиального процессов, как правило, обуславливают сезонные и флуктуационные изменения растительности. Например, на болоте Илекса в более обводнённое лето 2005 г. преобладали вейниковые и тростниковые сообщества, а в сезон 2006 г. (с более низким уровнем полых вод) – осоковые. Для пойменных болот характерно постоянное осадконакопление (торф, часто с прослойками глины и/или песка). В торфяной залежи преобладают древесные, осоковые и тростниковые торфа, а также их промежуточные виды (осоково-древесные и т.п.).

Автор выражает искреннюю признательность Н.В. Стойкиной (ИБ КарНЦ РАН) за анализ степени разложения и ботанического состава торфа; доктору биологических наук О.Л. Кузнецову (ИБ КарНЦ РАН) за общее руководство, постоянное консультирование и помощь в работе.

Литература

1. Торфяной фонд РСФСР. Вологодская область. М.: Геолторфразведка, 1970. 617 с.
2. Новиков С.М., Усова Л.И. Новые данные о площади болот и запасах торфа на территории России // Динамика болотных экосистем северной Евразии в голоцене. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2000. С. 49-52.
3. Ившин В.А. Мелиорация на вологодчине. Вологда: Б. и., 2006. 51 с.
4. Филиппов Д.А. Направления исследований болот Вологодской области // Болота и биосфера: Сборник материалов Пятой Научной Школы (11–14 сентября 2006 г.). Томск: ЦНТИ, 2006. С. 261–266.
5. Короткина М.Я. Ботанический анализ торфа // Методы исследования торфяных болот. М., 1939. Ч. 2. Лабораторные и камеральные работы. С. 5–59.
6. Домбровская А.В., Коренева М.М., Тюремнов С.Н. Атлас растительных остатков, встречаемых в торфе. М.-Л.: Госэнергоиздат, 1959. 90 с.
7. Кац Н.Я., Кац С.В., Скобеева Е.И. Атлас растительных остатков в торфах. М.: Недра, 1977. 376 с.
8. Кузнецов О.Л. Топо-экологическая классификация растительности болот Карелии // Динамика болотных экосистем северной Евразии в голоцене. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2003. С. 28-33.

About dynamics of flood plain mires in the north-west of Vologda region

D.A. Philippov

The present work contains the data of investigation dynamics of flood plain mires of the north-west of Vologda region. The dynamics of flood plain mires are connected with eutrophic stage; constant change forest, reed, sedge eutrophic communities that is reflected in peat composition and structure; constant accumulation of the precipitation (clays, sand, peat); and depends with soil water regime and presence expressed alluvial process.

ДИНАМИКА ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ВОД ВЕРХОВОГО БОЛОТА

Харанжевская Ю.А.

Сибирский НИИ сельского хозяйства и торфа СО Россельхозакадемии,
г. Томск

В работе приводится характеристика динамики химического состава болотных вод верхового болота.

Болотные воды значительно отличаются от других природных вод. Они богаты органическим веществом гумусовой породы (гуминовые и фульвокислоты), не содержат растворенного кислорода, обладают низкой степенью минерализации, кислой средой и высокой цветностью. Основными условиями формирования химического состава болотных вод, кроме геологии, являются климатические факторы, геоморфология и рельеф, почвы, на которых образовалось болото. Концентрация химических элементов в болотных водах изменяется в течение вегетационного периода, что в первую очередь обусловлено такими показателями как климатические условия, водообмен болота с подстилающими грунтами и прилегающими суходолами, а также интенсивность процессов разложения органического вещества.

В работе приводится характеристика химического состава болотных вод верхового болота, а также рассматривается его сезонная динамика.

Методика исследований

Исследования проводились на верховом болоте, расположенном в междуречье рек Бакчар-Икса. Объект исследований располагается в Бакчарском районе Томской области и согласно районированию болот Западной Сибири [1] относится к зоне выпуклых олиготрофных (сфагновых) болот. Подробно природные условия описаны в [2].

Отбор проб воды на химический анализ каждый месяц проводился в оборудованных водомерных колодцах глубиной около 1 м в основных биогеоценозах верхового болота: высокий рям (п.2), низкий рям (п.3), осоково-сфагновая топь (п.5), а также сосново-кустарниково-сфагновый фитоценоз, расположенный на окраине верхового болота (п.4). Химический анализ выполнялся по общепринятым методикам [3] в лаборатории торфа и экологии СибНИИСХиТ СО РАСХН. Калий и натрий определялся пламенно-фотометрическим методом в испытательной лаборатории агроэкологии ТГПУ.

Результаты исследования

Болотные воды представляют собой особый тип природных вод, который занимает промежуточное положение между водами, поступающими в болото и стекающими с него [4]. Химический состав верховых болот согласно [5] имеет региональные особенности в содержании элементов. Отмечено, что их химический состав зависит от геоморфологического положения болота. В болотах преобладает биогенная миграция химических веществ [6]. По этой теории основное количество зольных элементов накапливается на начальном этапе торфообразования.

Согласно исследованиям [7] болотные воды исследуемой территории кислые и слабокислые, отличаются низкой минерализацией, среди катионов преобладает кальций, среди анионов – хлорид-ион. По классификации вод [8] относятся к холодным, глеевым, преимущественно слабокислым. Исследованные болотные воды характеризуются относительно высоким содержанием растворенного диоксида углерода в пределах от 44 до 308 мг/л и отсутствием гидрокарбонат-ионов [9]. Практически полное отсутствие растворенного углерода в воде и появление анаэробных условий способствует образованию восстановленных форм элементов серы и азота.

Среди катионов в болотных водах преобладает кальций, средние значения которого за период вегетации составили: п.2 – 7.2 мг/л; п.3 – 4.1 мг/л; п. 4 – 4.2 мг/л; п.5 – 3.5 мг/л. Вариация содержания ионов кальция в период вегетации незначительная, минимальные значения отмечены в п.3 – 2.3 мг/л. Максимальная концентрация кальция (10 мг/л) и наибольшее колебание концентрации ионов кальция наблюдается в п. 2 (табл.).

Второй по распространенности – катион магния – в среднем за вегетационный период отмечался в несколько меньших концентрациях: п.2 – 4.5 мг/л, п.3 – 2.8 мг/л, п.4 – 5.3 мг/л, п.5 – 3.2 мг/л. При этом максимальное содержание катиона магния наблюдалось в начале вегетационного сезона в п. 4, а минимальное – в п.2. Следует отметить значительную вариацию этого элемента в каждом из пунктов наблюдения.

Концентрация натрия в среднем за сезон составила: п.2 – 2.1 мг/л, п.3 – 1.49 мг/л, п. 4 – 1.2 мг/л, п.5 – 1.5 мг/л. Концентрация в п.3 и п.5 увеличивается к периферии болота. Колебание концентрации элемента в пунктах наблюдения незначительное.

Наименьшей концентрацией характеризуется ион калия и составляет: п.2 – 0.504 мг/л, п.3 – 0.740 мг/л, п. 4 – 0.437 мг/л, п.5 – 0.658 мг/л. Наблюдается несколько иная закономерность: минимальные значения отмечены в п.4, а увеличение концентрации относительно других пунктов наблюдения отмечается в п.3 и п.5.

Концентрация железа в болотной воде изменяется в пределах: п.2 – от 0.839 до 2.2 мг/л, п.3 – от 0.519 до 1.4 мг/л, п.4 – от 0.604 до 1.7 мг/л, п.5 –

Содержание химических элементов в болотных водах верхового болота
2006 г., мг/л

Определяе- мые показатели	Атмосферные осадки (снег)	п. 2	п. 3	п. 4	п. 5
pH	5.22	<u>4.46-4.65</u> 4.55	<u>3.8-4.33</u> 4.01	<u>4.16-4.81</u> 4.38	<u>3.77-4.6</u> 4.08
NH ₄ ⁺	0.32	<u>5.1-12.6</u> 9.2	<u>4.3-15</u> 8.9	<u>3.0-7.4</u> 5.1	<u>4.0-5.4</u> 4.7
K ⁺	0.35	<u>0.21-1.3</u> 0.504	<u>0.50-0.94</u> 0.740	<u>0.25-0.57</u> 0.437	<u>0.24-</u> <u>1.05</u> 0.658
Na ⁺	0.64	<u>1.4-3.1</u> 2.1	<u>0.73-2.1</u> 1.49	<u>0.39-2.0</u> 1.2	<u>0.90-2.2</u> 1.5
Ca ²⁺	1.00	<u>3.3-10</u> 7.2	<u>2.4-5.4</u> 4.1	<u>2.5-5.2</u> 4.2	<u>2.9-5.1</u> 3.5
Mg ²⁺	0.61	<u>0.27-8.1</u> 4.5	<u>0.5-4.3</u> 2.8	<u>1.7-8.4</u> 5.3	<u>1.5-6.8</u> 3.2
Fe _{общ}	0.02	<u>0.84-2.2</u> 1.8	<u>0.52-1.4</u> 1.03	<u>0.6-1.7</u> 1.3	<u>0.72-</u> <u>0.91</u> 0.846
Cl ⁻	2.50	<u>6.3-15</u> 8.5	<u>3.5-8.5</u> 6.2	<u>3.7-6.3</u> 5.2	<u>4.9-7.7</u> 6.1
SO ₄ ²⁻	0.91	<u>2.2-11</u> 5.4	<u>0.91-6.5</u> 4.6	<u>2.2-17</u> 6.95	<u>2.3-7.4</u> 5.3
HCO ₃	6.1	<u>0-12</u> 11	0	<u>0-7.3</u> 1.5	<u>0-7.7</u> 1.5
M	7.5	<u>14-54</u> 34	<u>13-99</u> 54	<u>9.0-60</u> 29	<u>1.5-28</u> 13

от 0.723 до 0.910 мг/л. В целом наблюдается увеличение концентрации железа от п.5 к п.2, а п.4 занимает промежуточное положение, содержание элемента в среднем за сезон составляет 1.3 мг/л.

Таким образом, катионы болотных вод можно расположить в порядке убывания концентрации следующим образом Ca²⁺ → Mg²⁺ → Na⁺ → Fe_{общ} → K⁺.

Среди анионов в болотных водах преобладает хлорид-ион. Согласно И.Л. Калужному, Л.Я. Левандовской [10] имеется зависимость содержания ионов хлора от минерализации, что говорит о том, что основным источником поступления хлорид-иона является постилающая минеральная порода. Общее количество хлора исследованного болота в среднем составляет 6.5 мг/л.

Содержание сульфат-иона в среднем за сезон составило 5.6 мг/л. При этом максимальная концентрация аниона отмечена в п.4 – 17 мг/л, минимальная – 0.91 мг/л в п.3.

Гидрокарбонатный ион в болотных водах обнаружен только в период весеннего снеготаяния, когда происходит также незначительное увеличение рН вод, при перемешивании кислых болотных и талых снеговых вод с нейтральной реакцией среды. В дальнейшем гидрокарбонат-ион отсутствует во всех пунктах наблюдения за исключением п.2, где концентрация иона незначительно изменяется и в среднем составляя 11 мг/л. Необходимо отметить, что в целом наблюдается некоторое увеличение минерализации болотных вод к периферии болота, т.е. от п.5 и п.3 к пп.2,4, что связано с вымыванием [10, 11] минеральных компонентов, образовавшихся в процессе разложения. В то же время, содержание элементов в п.2 и п.4, расположенных на окраине верхового болота, несколько различается, что связано с отличиями в строении торфяной залежи, описанными выше.

Закономерность сезонного изменения химического состава болотных вод имеет следующий вид: весной маломинерализованные снеговые воды стекают от центра к окраинам верхового болота, и ионный состав во всех частях болота становится практически одинаковым. В этот период концентрация веществ в среднем по профилю верхового болота составила: K^+ – 0.47 мг/л, Na^+ – 1.87 мг/л, Ca^{2+} – 3.96 мг/л, Mg^{2+} – 4.32 мг/л, NH_4^+ – 5.71 мг/л, $Fe_{общ}$ – 0.67 мг/л, Cl^- – 6.47 мг/л, SO_4^{2-} – 3.56 мг/л. В летнюю межень минерализация воды увеличивается, что вызвано концентрацией минеральных компонентов при испарении из раствора и в среднем за июль-август составила: K^+ – 0.56 мг/л, Na^+ – 1.24 мг/л, Ca^{2+} – 5.64 мг/л, Mg^{2+} – 4.22 мг/л, NH_4^+ – 8.18 мг/л, $Fe_{общ}$ – 1.42 мг/л, Cl^- – 6.14 мг/л, SO_4^{2-} – 8.33 мг/л.

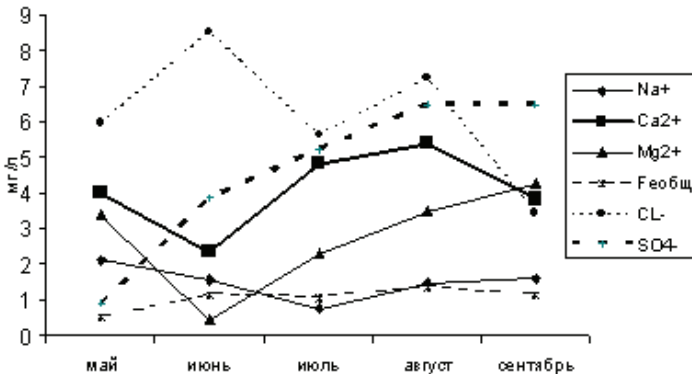


Рис. Динамика химического состава болотных вод п. 3 верхового болота

Рассмотрим динамику химических элементов в течение вегетационного периода на примере п.3 (рис.). Следует отметить, что наблюдается значительное колебание концентрации веществ в течение вегетационного сезона, за исключением калия и натрия, изменение которых незначительно.

В начале периода вегетации наблюдается уменьшение концентрации химических элементов с мая по июнь, что возможно связано с перемешиванием снеговых и болотных вод. Затем после некоторого снижения уровней болотных вод на спаде весеннего снеготаяния наблюдается увеличение концентрации практически всех ионов, максимальное содержание отмечается в июле, когда активизируются процессы разложения органических веществ.

Исключением составляет ионы магния и кальция, максимум концентрации которых отмечается в августе. В целом к концу вегетационного периода наблюдается увеличение концентрации одних элементов (Mg^{2+} , Na^+ , SO_4^{2-}) и уменьшение всех остальных элементов. Следует отметить, что наблюдается значительное колебание концентрации веществ в течение вегетационного сезона, за исключением калия и натрия, изменение которых в течение сезона незначительно.

Таким образом, по химическому составу болотные воды относятся к хлоридно-кальциевым. Химический состав в целом аналогичен типичным болотным водам других районов [12, 13]. Сезонная динамика химического состава имеет следующий вид: в весенний период наблюдается уменьшение минерализации за счет смешения болотных и талых снеговых вод, летом минерализация воды увеличивается, что вызвано концентрацией минеральных компонентов при испарении. В период осенних паводков наблюдается некоторое уменьшение минерализации.

Работа выполнена под руководством д.с-х.н., проф., чл. корр. РАСХН Л.И. Инишевой.

Литература

1. Иванов К.Е., Новиков С.М. Болота Западной Сибири, их строение и гидрологический режим. Л.: Гидрометеиздат, 1976. 448 с.
2. Васюганское болото (природные условия, структура и функционирование) / Под редакцией Л.И. Инишевой: / 2-е изд. Томск: ЦНТИ., 2003. 212 с.
3. Резников А.А., Муликовская Е.П., Соколов И.Ю. Методы анализа природных вод. М.: Недра, 1970. 488 с.
4. Инишева Л.И. Условия формирования и геохимия болотных вод // Болота и биосфера. Вторая научная школа. Томск: ЦНТИ, 2003. С. 38-49.

5. Рассказов Н.М., Бернатонис В.К., Архипов В.С. и др. Районирование Большого Васюганского болота по геохимическим условиям как основа мониторинга региона // Большое Васюганское болото. Современное состояние и процессы развития. Томск, 2002. С. 80-82.

6. Бахнов В.К. Биогеохимические аспекты болотообразовательного процесса. Новосибирск, 1986. 190 с.

7. Рассказов Н.М., Бернатонис В.К., Архипов В.С. и др. Районирование Большого Васюганского болота по геохимическим условиям как основа мониторинга региона // Большое Васюганское болото. Современное состояние и процессы развития. Томск, 2002. С. 80-82.

8. Перельман А.И. Геохимия природных вод. М., 1982. 154 с.

9. Потапова Т.М., Иванов К.Е., Фирсанов Д.В. Гидрохимическая характеристика неосушенных верховых болот Северо-Запада ЕТС (на примере Ширинского болотного массива) // Гидрохимические материалы, Л., 1987. Т.98. С. 54-64.

10. Калюжный И.Л., Левандовская Л.Я. Гидрохимический режим и химический состав вод олиготрофных болотных массивов // Труды ГГИ. 1974. Вып. 222. С. 99-118.

11. Тюремнов С.Н., Ларгин И.Ф. Изменение химического состава вод торфяных болот в зависимости от условий их залегания // Труды ГГИ. 1966. Вып. 135. С. 223-242.

12. Шварцев С.Л., Рассказов Н.М., Сидоренко Т.Н., Здвизжков М.А. Геохимия природных вод района Большого Васюганского болота // Большое Васюганское болото. Современное состояние и процессы развития. Томск, 2002. С. 139-149.

13. Минин Н.К., Крашенников М.В. Краткая гидрохимическая характеристика природных вод севера Томской области // Природа и экономика севера Томской области. Томск: Изд-во ТГУ, 1977. С. 71-76.

Dynamics of the chemical compound of waters of the raised bog.

J.A. Kharanzhevskaya

In work the characteristic of dynamics of a chemical compound of bog waters of the raised bog is resulted.

ХАРАКТЕРНЫЕ ЗНАЧЕНИЯ ПОТОКОВ МЕТАНА ИЗ БОЛОТ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

Н.А. Шнырев, М.В. Глаголев

Московский государственный университет им. Ломоносова, г. Москва,
o_ruhovich@mail.ru

В работе суммированы собственные и литературные данные по многочисленным измерениям эмиссии CH_4 на территории Западной Сибири на болотах различных типов и в различных гидротермических условиях. Статистическая обработка всего массива данных позволила получить относительно надежные оценки характерных потоков для отдельных природных зон и конкретных биогеоценозов.

К настоящему времени основной вклад в парниковый эффект вносят CO_2 и CH_4 (60 % и 15-18 %, соответственно) [1]. Значительная часть потока CH_4 обусловлена болотами, богатыми торфом и находящимися в полосе от 50 до 70° с.ш. [2]. В России значительная часть этой полосы приходится на Западную Сибирь. Но, учитывая сильную зависимость потока метана от гидротермических условий среды, не приходится ожидать, что на территории всей Западной Сибири величина потока будет одинакова. В связи с этим целью нашей работы было: обобщить литературные и собственные экспериментальные данные по измерениям потоков CH_4 в Западной Сибири и определить характерное значение потока для каждой природной зоны (подзоны).

Объекты и методы исследований

В 2003-2006 гг. проводились измерения на верховых, переходных, низинных болотах в средней и южной тайге Западной Сибири. Изученные объекты подробно описаны ранее другими авторами: Томское Приобье [3], Прикетье [4], болота Восточного Васюганья [5]; ландшафтный профиль р. Ключ [6]. Полевые измерения потока CH_4 выполнялись камерно-статическим методом [7], определение концентрации метана велось на портативном газовом хроматографе ХПМ-4.

Результаты исследований

Результаты представлены в таблице. Поскольку нам не известны измерения эмиссии CH_4 в тундре и лесотундре Западной Сибири, то мы

Эмиссия метана различными географическими зонами

Зона или подзона	БГЦ*	Микро-рельеф	Поток CH ₄ , мгС/м ² /час		Источник данных
			F**	E _{гг}	
Южная Тундра	торфяные бугры		-0.07 ^m (3)	-0.17/-0.03	[8]
	ОВ	кочка	0.32 ^m (4)	0.02/1.46	
	ОВ	межкочье	1.9 ^m (5)	1.5/3.0	
Лесотундра	ОВ	не выделяли	0.29 ^a (2)	0.38	[8]
Северная Тайга	ОВ	не выделяли	0.62 ^m (9)	0.42/0.83	[9]
	RC	гряда	0.00 ^m (6)	0.00/0.65	
	RC	мочажина	0.86 ^m (9)	0.50/0.95	
	Торфяные бугры		0.00 ^m (10)	-0.16/0.01	
Средняя Тайга	ОВ	кочка	1.44 ^a (2)	1.08	Собственные данные за 2006 год
	ОВ	межкочье	2.3 ^m (4)	1.9/2.6	
	RC	гряда	0.56 ^a (2)	0.42	
	RC	мочажина	1.43 ^a (2)	1.03	
	RY	не выделяли	0.31 ^m (10)	0.12/0.63	
Южная Тайга	ОВ	не выделяли	7.49 ^m (683)	3.60/13.73	[10]
	RC		2.24 ^m (105)	1.33/3.42	
	RY		1.05 ^m (72)	0.26/2.38	
	WF		0.46 ^m (9)	0.10/0.85	
Подтайга	FB	не выделяли	14.0 ^m (13)	8.7/16.3	Собственные данные за 2003-2006 годы
	RC	гряда	0.6 ^m (3)	0.5/1.1	
	RC	мочажина	3.4 ^m (3)	2.7/3.5	
	ОВ, RC, RY, WF		0.66 ^{avg} , 1.37 ^{std} , 0.21 ^m (23)		

Примечание: *FB – облесенное болото пойм, ОВ – болото без древесной растительности, RC – грядово-мочажинный комплекс, RY – ряб, WF – заболоченный лес; ** a – взвешенное среднее (вес обратно пропорционален квадрату погрешности измерения, в поле E_{гг} указано взвешенное стандартное отклонение), ^{avg} – арифметическое среднее, ^m – медиана (в поле E_{гг} указаны нижний/верхний квартили), ^{std} – стандартное отклонение; в поле F в скобках указано количество измерений.

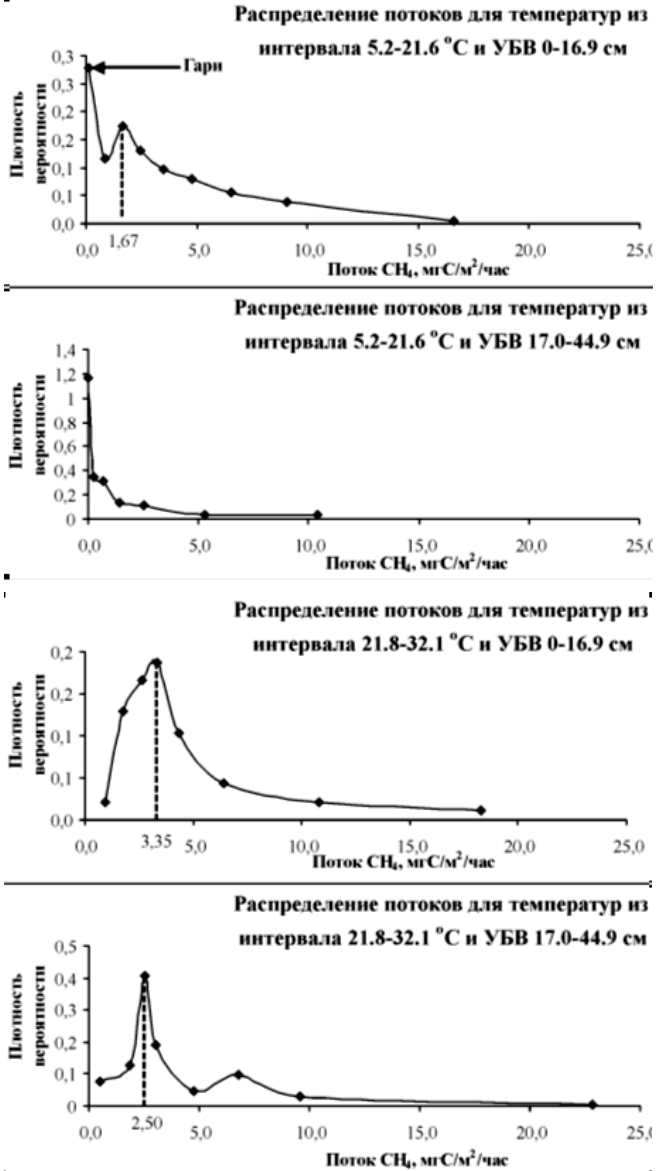


Рис. 1. Распределение потоков метана для различных интервалов температур и УБВ.

сочли возможным привести данные, полученные близ западной границы этого региона.

На первый взгляд не понятна существенная разница между нашими данными и данными из [11] по потокам в подтайге. Но, во-первых, значение стандартного отклонения в [11] весьма велико. Во-вторых, обратим внимание на то, что в [11] приводятся характеристики потока, усредненные сразу по БГЦ четырех совершенно разных типов, среди которых использовались, в том числе, и данные полученные для рямов и заболоченных лесов, для которых всегда характерны очень низкие значения потока (соотношение величин эмиссии можно оценить по данным, полученным нами, например, в южной тайге). К сожалению, в работе [11] не приводятся соотношения количества измерений в различных БГЦ, и остается лишь предполагать, что количество значений в исходной выборке полученных для ряма и заболоченного леса превалировало, чем, возможно, и объясняется такое низкое значение медианы.

Величина эмиссии сильно зависит от гидротермических условий. Все потоки, измеренные в средней и южной тайге, были разбиты нами на четыре класса по температуре (Т) и уровню стояния болотных вод (УБВ): 1. «умеренные Т – высокий УБВ»; 2. «высокие Т – высокий УБВ»; 3. «умеренные Т – низкий УБВ»; 4. «высокие Т – низкий УБВ»). На рис. 1 показаны распределения потоков этих классов. При умеренных температурах и глубоком стоянии УБВ наиболее вероятны оказались нулевые потоки, а при высоких Т и УБВ близ поверхности почвы наиболее вероятное значе-

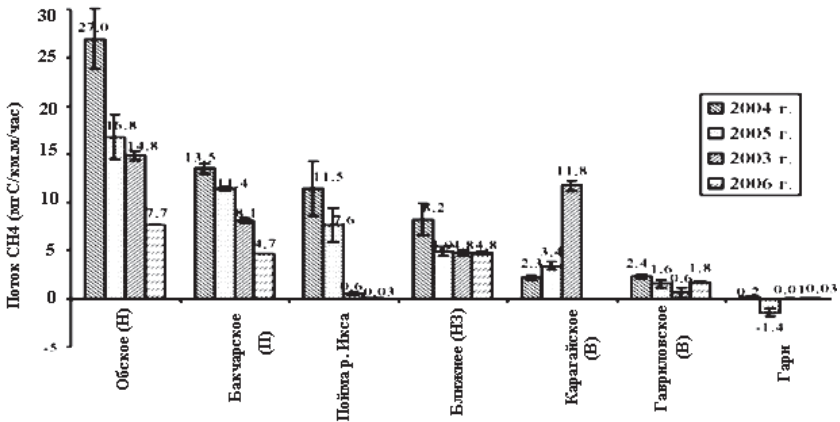


Рис. 2. Динамика потока CH_4 на некоторых болотах южной тайги по данным 2003-2006 гг. Н – низинное пойменное болото, НЗ – молодое низинное старичное болото, П – переходное, В – верховое.

ние потока было существенно больше (3.35 мгС/кв.м/час), поскольку оптимальными условиями для метаногенеза являются высокие температуры и анаэробные условия. При отклонении одного из параметров от оптимальных значений наиболее вероятные значения потока снижались.

На рис. 2 представлены средние значения потоков метана в 2003-2006 гг. на ряде объектов, находящихся примерно в одних и тех же климатических условиях. Из рис. 2 видно, что изменение среднесезонной эмиссии происходило на разных объектах синхронно (за одним исключением – чем больше была эмиссия на Карагайском болоте, тем меньше – на всех остальных).

Выводы

Эмиссия метана для разных БГЦ увеличивается с севера на юг. Для средней и южной тайги при оптимальных гидротермических условиях наиболее вероятно значение потока в 3.4 мгС/м²/час, при не оптимальных это значение уменьшается до 0. Изменение среднесезонной эмиссии на разных объектах происходит синхронно.

Исследования были поддержаны грантами проекта по сохранению торфяных болот России Российской программы Международного бюро по сохранению водно-болотных угодий (Wetlands International) ЮНЕП/ГЭФ: «Комплексное управление экосистемами торфяных болот для сохранения биоразнообразия и стабильности климата» (GF/2740-03*4650; GF/1030-03-01).

Авторы выражают глубокую благодарность к.ф.-м.н. Ш.Ш. Максютову, оказавшему неоценимую помощь в планировании и проведении части исследований, а также директору Института почвоведения и агрохимии СО РАН д.б.н. К.С. Байкову и к.б.н. Б.А. Смоленцеву за любезно предоставленную возможность работы на полевом стационаре «Плотниково» ИПА СО РАН.

Литература

1. Rodhe H. A Comparison of the Contribution of Various Gases to the Greenhouse Effect. *Science*, 1990. №248. P. 1217-1219.
2. Matthews E., Fung I. Methane emission from natural wetlands: global distribution, area, and environmental characteristics of sources // *Global Biogeochemical Cycles*. 1987. №1. P. 61-86.
3. Лапшина Е.Д. Структура и динамика болот поймы реки Оби (на юге Томской области). Дис. к-та. биол. наук. Томск, 1987. 282 с.

4. Базанов В.А. Структура болот кетско-чулымского междуречья. Дис. к-та. биол. наук. Томск, 1988. 213 с.
5. Lapshina E.D., Pologova N.N., Mouldiyarov E.Ya., Golyshev S.A., Glagolev M.V. Watershed Peatlands in South Taiga Zone of West Siberia // Eighth Symposium on the Joint Siberian Permafrost Studies between Japan and Russia in 1999. Tsukuba: Isebu, 2000. P. 121-128.
6. Головацкая Е.А. Болотные биогеоценозы Западной Сибири // Болота и биосфера: Материалы 3-ей Научной Школы (13-16 сентября 2004 г.). Томск: ЦНТИ, 2004. С. 91-99.
7. Глаголев М.В., Шнырев Н.А. Динамика летне-осенней эмиссии CH₄ естественными болотами (на примере юга Томской области) // Вест. МГУ, сер. Почвоведение. 2007. № 1. С. 8-15.
8. Слободкин А.И., Паников Н.С., Заварзин Г.А. Образование и потребление метана микроорганизмами в болотах тундры и средней тайги // Микробиология. 1992. Т. 61. Вып. 4. С. 683-691.
9. Naumov A.V. Emission of CH₄ and CO₂ in connection with temperature conditions of peat bog soils in the northern taiga subzone // Материалы международного полевого симпозиума "Торфяники Западной Сибири и цикл углерода: прошлое и настоящее" (г. Ноябрьск, 18-22 августа 2001 г.). Новосибирск: Агентство Сибпринт, 2001. С. 110-112.
10. Сергеева М.А., Задорожная С.В. Образование и эмиссия метана в торфяных залежах олиготрофного болота // Болота и биосфера: Материалы 5-ой Научной Школы (11-14 сентября 2006 г.). Томск: ЦНТИ, 2006. С. 238-244.
11. Panikov N.S. CH₄ and CO₂ emission from Northern Wetlands of Russia: Source Strength and Controlling Mechanisms // Proceedings of the International Symposium on Global Cycles of Atmospheric Greenhouse Gases. Sendai. 1994. P. 100-112.

Typical values of CH₄ emission from wetlands of West Siberia

N.A. Shnyrev, M.V. Glagolev

In the present paper we summarized own and literary data of numerous measurements of methane emission at the territory of West Siberia under different hydrothermic conditions and at various types of wetlands. The statistical analysis of data enables to receive relatively reliable estimation of typical fluxes for separate natural zone and concrete biogeocenose.

ХАРАКТЕРИСТИКА ТОРФЯНЫХ РЕСУРСОВ РЕСПУБЛИКИ АЛТАЙ

М.В. Шурова*, **Г.В. Ларина****, **Н.А. Казанцева****, **О.А. Шадоева***

*Горно-Алтайский научно-исследовательский институт сельского хозяйства, г. Горно-Алтайск, imergen@yandex.ru

**Горно-Алтайский государственный университет, г. Горно-Алтайск, knh@gasu.ru

Перечислены основные торфяные месторождения Республики Алтай. Дана оценка запасов торфа на территории Республики Алтай. Также дана характеристика распределения балансовых запасов на Ыныргинском месторождении.

Торфяные ресурсы Алтая практически не изучены. При составлении карты торфяных месторождений Западной Сибири была проведена систематизация фондовых и литературных сведений по данной территории. По состоянию на 01.01.2001 в Республике Алтай на государственном балансе числится только Ыныргинское месторождение с балансовыми запасами по категории А – 744 тыс. т. Кроме того, на месторождении подсчитаны балансовые запасы в количестве 105 тыс. т.

Кроме месторождения Ыныргинского, на данной территории имеется еще 13 месторождений с суммарными прогнозными ресурсами по категории Р – 7614 тыс. т. на площади в границах промышленной глубины торфяной залежи 3480 га.

Территория Республики Алтай весьма неоднородна по степени заболоченности и торфонакоплению. Средняя заторфованность территории невелика и составляет всего 0.1 %, запасы торфа на 1 км² площади составляют 0.1 тыс. т. Наиболее заторфована северная и восточная части территории.

На территории республики преобладают в основном небольшие по площади торфяные месторождения. По степени изученности и качественным характеристикам торфяные месторождения распространены следующим образом: подготовленные к эксплуатации – одно месторождение – Ыныргинское; оцененные на стадии рекогносцировочных и поисковых работ – 13 месторождений.

Торфяное месторождение Ыныргинское расположено в Чойском районе Республики Алтай: на расстоянии от районного центра Чоя на ЮВ в 25 км; ж.д. ст. Бийск на ЮВ в 135 км; ближайшей паромной пристани Бийск на р. Катунь на ЮВ в 135 км; ближайших селений Ынырга на ЮВ в 1,5 км; Красносельск на В в 1,0 км; Ниж. Ашпанак на Ю в 2,5 км. Пов-

*Распределение балансовых запасов торфа
на Бныргинском месторождении*

Индекс категорий торфяно- го сырья	Запасы торфа тыс. т.	Объём тор- фяной залежи тыс. м ³	% от общих запасов торфа	Средние показатели, %		
				Степень разложения	Золь- ность	Влага
1	2	3	4	5	6	7
П-1-(1-2)	31	302	4.2	17	8	94.0
П-2-(1-2)	81	605	10.9	27	8	92.2
Н-2-(1-2)	249	1919	33.5	22	9	92.4
П-(2-3)-3	20	136	2.7	31	12	91.2
Н-(2-3)-3	148	1037	19.9	24	13	91.7
П-(2-3)-4	5	19	0.7	38	21	83.0
Н-(2-3)-4	98	577	13.1	26	19	89.8
Н-(2-3)-5	90	462	12.0	30	29	87.3
Н-(2-3)-6	22	96	3.0	3	37	84.4
Всего	744	5153	100	24	13	91.5

сезонное распространение лесных и лесо-топяных видов торфа в основании торфяной залежи свидетельствуют о первоначальном заболачивании лесов. Избыточное увлажнение почвы и активно развивающаяся болотная растительность вызывали угнетение и гибель лесов, в результате на значительной площади месторождения лесные и лесо-топяные виды торфа перекрыты топяными видами. В настоящее время основными источниками питания торфяной залежи являются атмосферные осадки и воды снеготаяния, что способствует распространению мезотрофной и олиготрофной растительности, формирующей торф переходного типа. Поэтому можно констатировать, что торфяное месторождение вступило в мезотрофную стадию развития.

Современный растительный покров на площади торфяного месторождения представлен евтрофной и мезотрофной растительностью. Растительность характеризуется древесно-осоковым и осоково-сфагновым фитоценозами.

Балансовые запасы торфа в количестве 744 тыс. т, изученные по категории А, разделены на 9 категорий (табл.).

Общая площадь торфа малой степени разложения с зольностью до 10 % достигает 107 га. В его формировании принимают участие переходный древесно-сфагновый торф, переходный древесно-осоковый торф, переходный осоковый торф, переходный осоково-сфагновый торф. Запасы торфа малой степени разложения представлены категорией П-1-(1-2).

Торф средней и высокой степени разложения с зольностью до 23 % имеет широкое распространение с поверхности – 354 га. Запасы торфа средней и высокой степени разложения представлены категориями: П-2-(1-2), Н-2-(1-2), П-(2-3)-3, Н-(2-3)-3, П-(2-3)-4, Н-(2-3)-4. С поверхности залегают все перечисленные категории торфа, кроме категории П-(2-3)-4. Торф средней и высокой степени разложения зольностью от 24 % до 35 % относится к категории Н-(2-3)-5.

Торф средней и высокой степени разложения зольностью от 36 % до 50 % относится к категории Н-(2-3)-6, которая отмечена, в основном, в придонном слое торфяной залежи.

Торфяное месторождение Ыныргинское к категории природоохраненных объектов не относится.

The characteristics of peatment resources of republic Altay

M.V. Schurova, G.V. Larina, N.A. Kasanceva, O.A. Schadoeva

The main peatfields of Republic Altay was enumerated. The stocks of peats at the territory of Republic was evaiuated. The same given characteristic about distribution balancement stocks on energinsky peatfields.

ХАРАКТЕРИСТИКА ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА ТОРФЯНЫХ ПОЧВ ЭВТРОФНОГО БОЛОТА «ТАГАН» ТОМСКОЙ ОБЛАСТИ

А.И. Щеголихина*, М.В. Гостищева**

*Томский государственный университет, г. Томск, a.spchegolikhina@yahoo.com

**Томский государственный педагогический университет, г. Томск,
mariagos@yandex.ru

В статье представлена характеристика физико-химических свойств осушенных и целинных торфяных почв «Таганского» месторождения Томской области. Показано, что фракционно-групповой состав органического

вещества и особенности ИК и ЭПР-спектроскопии гуминовых кислот изученных почв зависят от их ботанического состава, степени разложения и условий функционирования почвенной системы.

Регулирование соотношения между разрушением и накоплением органического вещества (ОВ) осушенных торфяных почв является актуальной задачей как для сельского хозяйства, так и с экологической точки зрения. Несмотря на значительный материал [1-3 и др.], накопленный к настоящему времени, процесс трансформации ОВ в мелиорируемых торфяных почвах до конца не изучен. Исследования ОВ торфяных почв в России охватывают далеко не всю ее территорию. В то же время зональные особенности и характерные природные условия для каждого из регионов страны являются важным фактором для почво- и гумусообразования. Даже на уровне современных знаний известно, что молекулярная структура и химическая природа гуминовых кислот (ГК) могут содержать ценную информацию, характеризующую условия и механизм гумификации в почвах, торфах, сапропелях и других органогенных субстратах.

Целью данной работы является исследование ОВ торфяных почв целинного и мелиорированного участков торфяного месторождения «Таган» и определение влияния осушения на структурные особенности ГК этих почв.

Методика исследований

Объектами исследования являлись торфяные почвы эвтрофного болота «Таган» Томского района Томской области, расположенного на второй надпойменной террасе, в древней ложбине стока р. Томь. Толща болотных образований месторождения представлена низинными видами торфа, имеет однородное строение и сложена древесно-осоковым торфом. Часть болота была осушена в 1971 г и последние годы используется под сенокос. Проводился отбор проб на осушенном и целинном участках болота через каждые 10 см до уровня залегания материнских пород. В пробах торфа определялись: ботанический состав, степень разложения [4], влажность, зольность, рН солевой вытяжки [5], подвижное железо [6], фракционно-групповой состав ОВ [7]. Гуминовые кислоты из почвы извлекали 0.1 н NaOH, очищали от битумов спиртобензольной смесью (1:1) и деозолировали 10 % HCl и HF. Далее ГК исследовали на ИК-спектрометре «Термоэлектрон» (производство США) в интервале значений частоты 500-40000 см⁻¹. ЭПР-спектры записывали на радиоспектрометре PS 100.X (фирма Адани, Беларусь), в качестве стандартного вещества использовали ТЭМПО (4-hydroxy-2,2,6,6-tetramethylpiperidin-1-oxyl freies radikal).

Результаты исследований

По результатам исследования ботанического состава торфяных почв было установлено, что профиль состоит из трех слоев разной мощности: древесный с поверхности, древесно-травяной, древесный виды у материнской породы (рис.). По мнению Н.Н. Бамбалова [2] скорость трансформации и минерализации ОВ определяется как продолжительностью использования осушенных торфяных почв в культуре, так и геоботанической природой торфа. При этом целесообразно сравнение почв с одинаковой геоботанической природой торфа. Сопоставление почв с разной давностью использования и одновременно разной геоботанической природой торфа не будет корректным, так как другие факторы перекрывают замедляющее влияние времени на скорость минерализации. С учетом физико-химических свойств торфяных почв (табл. 1) нами были выделены для дальнейшего анализа ОВ четыре пары образцов (рис.).

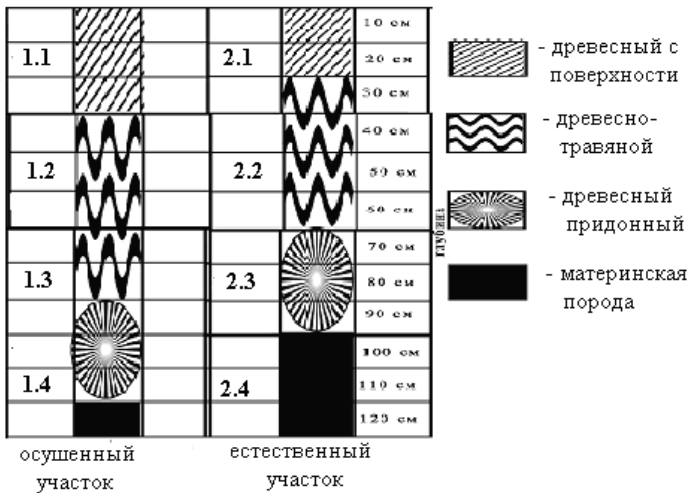


Рис. Схема профилей торфяных почв эвтрофного болота «Таган»

По данным анализа фракционно-группового состава ОВ наибольшие отличия наблюдаются в верхних горизонтах изученных почв (табл. 2). Здесь осушенная почва обладает меньшим содержанием легкогидролизующих веществ и большим трудногидролизующих веществ, негидролизующего остатка и ГК щелочной вытяжки. Наибольшее отношение ГК к фульвокислотам также отмечается в слое 10-20 см осушенной почвы. Отличия

Физические свойства торфяных почв болота «Таган»

Горизонт	Глубина отбора пробы, см	Степень разложения %	Влажность %	Зольность %	pH солевой вытяжки	Fe ₂ O ₃ , мг/100г
Осушенный участок. Торфозем минерально-торфяной древесно-осоковый среднемощный перегнойно-торфяной*						
РТ	0 – 10	60	74.18	29.75	6.05	162.15
	10 – 20	60	77.89	29.81	6.09	198.55
ТЕ	20 – 30	40	81.76	26.75	5.38	376.33
	30 – 40	35	83.14	20.52	5.36	265.48
	40 – 50	45	85.94	17.25	5.60	303.27
ТТ	50 – 60	40	85.91	20.31	5.61	249.56
	60 – 70	35	84.15	13.03	5.46	315.00
	70 – 80	30	84.98	9.78	5.63	324.92
	80 – 90	35	84.20	9.08	5.67	301.16
	90 – 100	40	84.32	8.16	5.84	305.23
	100 – 115	40	88.21	8,91	5.96	396.68
СĖ	115-ниже	-	13.42	98.05	5.70	13.90
Естественный участок. Почва торфяная эвтрофная пирогенная древесно-осоковая маломощная перегнойно-торфяная*						
TE _{pir}	0 – 10	60	63.97	70.98	7.70	1100.18
ТЕ	10 – 20	40	77.92	13.96	6.41	769.27
	20 – 30	45	82.84	10.67	5.33	507.15
	30 – 40	40	84.75	13.84	5.39	521.04
	40 – 50	40	84.95	11.79	5.39	810.40
ТТ	50 – 60	45	84.87	12.21	5.37	735.21
	60 – 70	40	82.96	23.26	5.29	367.85
	70 – 80	45	68.18	50.53	5.26	208.13
	80 – 90	45	66.83	62.59	5.71	203.79
СĖ	90-ниже	-	13.67	97.28	5.70	15.52

Примечание: * – по классификации почв России 2004 г [8].

Фракционно-групповой состав ОВ торфяных почв
эвтрофного болота «Таган»

Глубина отбора, см	Индекс образца	R, %	ОВ/СВ	Бигу-мы	ГВ	ГКщел	ГКпир	ФК	ЛГВ	ТГВ	НГО	ГК:ФК
			%									
Осушенный участок												
10-20	1.1	60	86.5	2.5	34.3	26.7	1.5	7.6	1.1	9.5	52.6	3.5
30-40	1.2	35	87.9	2.8	35.6	24.5	1.6	11.1	2.4	7.8	51.4	2.2
50-60	1.3	40	87.6	3.0	37.2	25.8	1.9	11.4	2.8	6.5	50.5	2.3
80-90	1.4	35	86.7	3.3	38.9	28.3	1.8	10.6	2.0	6.6	49.2	2.7
Естественный участок												
10-20	2.1	40	87.1	3.7	37.8	25.8	1.3	12.0	8.2	6.8	43.5	2.2
30-40	2.2	40	86.7	3.6	38.3	25.4	1.5	12.9	5.8	6.5	45.8	2.0
50-60	2.3	45	86.9	3.4	38.5	26.2	1.6	12.3	3.1	6.4	48.6	2.1
60-70	2.4	40	86.3	3.3	37.7	27.9	1.6	9.8	1.9	6.4	50.7	2.8

Примечание: R – степень разложения, ОВ/СВ – содержание органического вещества в процентах от сухого вещества, ГВ – сумма гуминовых и фульвокислот (щелочная вытяжка), ГКщел – гуминовые кислоты (щелочная вытяжка), ГКпир – гуминовые кислоты (пирофосфатная вытяжка), ФК – фульвокислоты (щелочная вытяжка), ЛГВ – легкогидролизуемые вещества, ТГВ – трудногидролизуемые вещества, НГО – негидролизуемый остаток, ГК:ФК – отношение содержания гуминовых кислот и фульвокислот (щелочная вытяжка).

объясняются разными условиями гумусообразования, большей микробиологической активностью и трансформацией наиболее доступных органических веществ в верхнем слое осушенной почвы. С глубины 30-40 см в мелиорируемой почве не наблюдается явных количественных различий с неосушенной торфяной почвой.

Данные ИК-спектроскопии показали, что в исследованных ГК содержание ароматических фрагментов ($C=C_{1610}$) преобладает над алифатическими заместителями ($Salk_{2920}$) и гидроксильными группировками (OH_{3400}) (табл. 3). Увеличение конденсированности ГК (по данным $OH_{3400} / C=C_{1610}$ и $Salk_{2920} / C=C_{1610}$) в верхних горизонтах изученных почв может быть связано с усилением в них микробиологической и ферментативной активности, что было выявлено в ранее проведенных исследованиях [9]. Повышенная конденсированность ГК в нижних слоях является отражением унаследованных торфяной почвой этапов развития болота. При заболачи-

вании леса вследствие образования низинного слой древесного торфа биологическая активность почвы была выше, и процессы «старения» гуминовых кислот шли быстрее, чем в последующие стадии [10].

Также коэффициенты $OH_{3400}/C=C_{1610}$ и $Салк_{2920}/C=C_{1610}$ имеют некоторую зависимость от ботанического состава торфа. В макромолекулах исследованных ГК карбоксильные группы преобладают над алкильными заместителями, отношение $C=O_{1720}/Салк_{2920}$ для всех образцов больше 1. Отношение интенсивностей полос поглощения $OH_{3400}/Салк_{2920}$ также больше 1, поведение его вниз по профилю осушенной почвы аналогично распределению в неосушенной. Однако, для ГК почвы с мелиорированного участка этот коэффициент больше. Максимальное значение коэффициента $C=O_{1720}/C=C_{1610}$ отмечен в верхних горизонтах изученных почв, в средней части профиля он уменьшается, а к материнской породе вновь увеличивается.

Резкое уменьшение коэффициентов $OH_{3400}/C=C_{1610}$ и $Салк_{2920}/C=C_{1610}$ и увеличение индекса $C=O_{1720}/Салк_{2920}$ в ГК из слоя 50-60 см на естественном участке (далее образец 2.3) может быть объяснено по теории В.К. Бахнова [11] влиянием на гумусообразование и гуминовые кислоты предполагаемого катастрофического явления на изученной территории.

Таблица 3

*Результаты спектральных исследований ГК
из торфяных почв болота «Таган»*

Образец ГК	Отношения оптических плотностей полос поглощения при определенных длинах волн в ГК по данным ИК-спектроскопии					Количество парамагнитных центров, спин/г
	$OH_{3400}/C=C_{1610}$	$C=O_{1720}/C=C_{1610}$	$Салк_{2920}/C=C_{1610}$	$OH_{3400}/Салк_{2920}$	$C=O_{1720}/Салк_{2920}$	
Осушенный участок						
1.1	0.88	0.97	0.84	1.05	1.15	7.8E+16
1.2	0.92	0.93	0.87	1.06	1.08	5.8E+16
1.3	0.90	0.88	0.86	1.03	1.03	5.9E+16
1.4	0.86	0.89	0.83	1.04	1.07	8.2E+16
Естественный участок						
2.1	0.87	0.97	0.85	1.02	1.14	3.1E+16
2.2	0.89	0.92	0.87	1.03	1.07	3.9E+16
2.3	0.78	0.94	0.76	1.02	1.24	7.4E+16
2.4	0.83	0.95	0.80	1.03	1.19	6.1E+16

Количество парамагнитных центров говорит о степени конденсированности ГК и в целом подтверждает данные ИК-спектроскопии (табл. 3). ГК из верхнего горизонта осушенной почвы содержат больше парамагнитных центров, чем ГК из неосушенной почвы. Это свидетельствует об активных процессах трансформации и образовании ГК с более конденсированной структурой в осушенном слое торфяной почвы. Образец 2.3 также сильно отличается от других по данным ЭПР-исследований.

Заключение

Таким образом, осушение привело к активизации микробиологической деятельности и усилению процесса трансформации органического вещества в верхней части профиля мелиорированной почвы. Данные спектральных исследований показали зависимость структуры ГК изученных почв от ботанического состава и условий гумусообразования в торфяном профиле на всем протяжении его формирования. В ГК из осушенного слоя изученной торфяной почвы содержание парамагнитных центров и конденсированных систем полиароматического сопряжения больше по сравнению с ГК из верхнего слоя неосушенной почвы.

Литература

1. Лупинович И.С. Изменение физико-биохимических свойств торфяно-болотных почв под влиянием мелиорации и сельскохозяйственного использования // Почвоведение. 1968. № 6. С. 63–75.
2. Бамбалов Н.Н. Баланс органического вещества торфяных почв и методы его изучения. Минск: Наука и техника. 1984. 175 с.
3. Ефимов В.Н., Лунина Н.Ф. Изменение состава органического вещества торфяных почв за 70 лет их сельскохозяйственного использования // Почвоведение. 1986. № 7. С. 9–87.
4. ГОСТ 28245-89. Торф: методы определения ботанического состава и степени разложения. Издание официальное. Государственный комитет СССР по стандартизации. М. 9 с.
5. Лиштван И.И. Основные свойства торфа и методы их определения. Минск. 1975. 306 с.
6. ГОСТ 27894.7-88. Определение подвижных форм железа (аммиачный вариант). Торф и продукты его переработки для сельского хозяйства. Методы анализа. Издание официальное. М.: Изд-во стандартов. 1988. 25с.
7. Бамбалов Н.Н., Беленькая Т.Я. Фракционно-групповой состав органического вещества целинных и мелиорированных торфяных почв // Почвоведение. 1998. № 12. С. 1431–1437.

8. Шишов Л.Л., Тонконогов В.Д., Лебедева И.И. и др. Классификация и диагностика почв России. Смоленск: Ойкумена. 2004. 342 с.

9. Щеголихина А.И. Осушенные и целинные торфяные почвы юга Томской области и их ферментативная активность // Материалы II научно-практической конференции «Почва как связующее звено функционирования природных и антропогенно-преобразованных экосистем». Иркутск. 2006. С. 245–247.

10. Раковский В.Е., Пигулевская Л.В. Химия и генезис торфа. М.: Недра. 1978. 231 с.

11. Бахнов В.К. Биогеохимия болотного почвообразования // Материалы пятой научной школы «Болота и биосфера». Томск: ЦНТИ. 2006. С. 8–18.

The characteristic of organic matter of cutover and virgin peats of the deposit “Tagan” of the Tomsk region

A.I. Shchegolikhina, M.V. Gostishcheva

The physicochemical characteristics of peat soils of the bog “Tagan” of the Tomsk region is considered. It is shown, fractional-group composition of organic matter and characteristics of infrared and EPR spectroscopy of the humic acids from peat soils are depended by the botanical composition, degree of decomposition and conditions of the soil system functioning.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	3
Приветствие академика РАН, профессора МГУ Г.В. Добровольского.....	5

Часть I. ЛЕКТОРСКИЙ СИМПОЗИУМ

Архипов В.С., Лобова Ю.А. Адсорбционные свойства торфа.....	8
Бамбалов Н.Н. Анализ биогеохимических факторов разложения органического вещества	19
Гамзиков Г.П. Возможности использования природных агрохимических ресурсов в качестве удобрений.....	28
Глаголев М.В. Оценка эмиссии метана заболоченными территориями Западной Сибири	33
Головченко А.В. Структурно-функциональная организация микробных сообществ торфяных почв.....	42
Грехова И.В. Получение гуминовых препаратов.....	49
Жилякова Т.П., Удинцев С.Н., Кравецкий П.А. Влияние препарата «Гумитон» на основе гуминовых соединений торфа на показатели неспецифической резистентности организма животных	58
Инишева Л.И. Проблемы рационального использования торфяных ресурсов (результаты исследований Проблемной лаборатории агроэкологии за 10 лет работы)	67
Карелина О.А., Тронова Т.М. Оценка современного биологического состояния торфов Сибири, используемых в лечебных целях	77

Копаница Н.О. Применение торфа в строительстве	89
Лиштван И.И. Проблемы комплексного использования торфа и сапропеля.....	98
Лукин С.М. Перспективные направления использования торфа в сельском хозяйстве.....	108
Макаренко Г.Л. К вопросу о генетической классификации болот на основе степени торфности	117
Макарьчев С.В. Особенности изучения теплофизического состояния болотных почв	123
Поздняков А.И., Позднякова А.Д. Биосферно-ландшафтная роль торфяного массива при антропогенной нагрузке: теория и практика, проблемы и решения	132
Хмелев В.А., Каличкин В.К. Болотные земли и классификация составляющих их почв.....	141
Чупрова В.В. Проблемы классификации, анализа и оценки почвенного органического вещества	150
Юдина Н.В., Савельева А.В. Структурные особенности гуминовых кислот торфовразной степени гумификации	151
Цыбукова Т.Н., Инишева Л.И. Геохимическая оценка торфов юго-восточной части Западно-Сибирской равнины	162
Шайдек Л. Функции торфяно-болотных почв в очистке грунтовых вод	171

Часть II. ВЫСТУПЛЕНИЯ УЧАСТНИКОВ ШКОЛЫ

Бобровская Д.Л., Касимова Л.В., Кравец А.В. Влияние новых видов органических удобрений на основе торфа на биологическую активность, процессы минерализации и трансформации органического вещества почвы.....	184
--	-----

Бондарчук И.Б., Иванюк И.М., Гринев Р.О., Федяева И.В., Лунев В.И., Скобельский В.С., Усенко А.И.	
Бакчарское железорудное месторождение.....	188
Гарькуша Д.Н., Фёдоров Ю.А., Лысых И.А.	
Эмиссия метана с торфяных залежей Иласского болотного массива Архангельской области	195
Гостищева М.В., Сергеева М.А., Щеголихина А.И., М. Easterlin	
Изменение состава и свойств гуминовых кислот торфов при микробиологической активации.....	201
Дёмина Л.А.	
Применение торфоминеральных смесей под зерновые культуры.....	209
Добровольская Т.Г., Кухаренко О.С., Головченко А.В., Матышак Г.В.	
Бактериальные комплексы тундровых почв Ямала	214
Ильина А.А.	
Торф как компонент буровых растворов.....	218
Карпенко Л.В.	
Строение торфяных залежей на междуречье Сым-Дубчес (Красноярский край, средняя тайга)	226
Косых Н.П.	
Метод определения подземной продукции в болотных экосистемах	231
Кравец А.В.	
Физиологическая активность почвенной вытяжки из дерново-подзолистой почвы при внесении торфяных удобрений.....	236
Кузьмина С.В., Липатникова Е.С., Каретникова Е.А.	
Фотоиндуцированная деградация гербицида 2,4-дихлорфеноксиуксусной кислоты в воде в присутствии гуминовых кислот и активного ила.....	241
Мещеряков А.А., Казаков Е.М.	
Эффективность минеральных удобрений при возделывании яровой пшеницы в зависимости от содержания гумуса.....	245

Позднякова А.Д., Кузьмина И.В., Поздняков А.И., Мусекаев Д.А.	
Эколого-биологическая оценка эффективности воздействия различных видов органики на пирогенных торфяниках	251
Ракович В.А., Молокова Н.В., Селивончик Т.В.	
Выбросы диоксида углерода при пожарах на торфяниках	256
Сергеева М.А., Катаев С.Г.	
Применение кластерного метода для оценки микробиологической активности торфяных почв	260
Снег А.А., Балабко П.Н.	
Аллювиальные болотные почвы поймы реки Оби	265
Суворов Г.Г., Глаголев М.В.	
Продолжительность «периода эмиссии метана»	270
Тимофеев А.Е., Яконовская Т.Б.	
Комплексное использование запасов торфяных месторождений как стратегия повышения экономической и экологической эффективности торфопредприятий	275
Ульянова О.А., Нечаева А.С., Шаталова Ю.Г.	
Научные основы переработки сосновой коры и сапропеля в нетрадиционные удобрительные композиции	280
Федько И.В.	
Перспектива подготовки кадров по специальности торфование	285
Филиппов Д.А.	
О динамике некоторых пойменных болот на северо-западе Вологодской области	288
Харанжевская Ю.А.	
Динамика химического состава вод верхового болота	294
Шнырев Н.А., Глаголев М.В.	
Характерные значения потоков метана из болот Западной Сибири	300
Шурова М.В., Ларина Г.В., Казанцева Н.А., Шадоева О.А.	
Характеристика торфяных ресурсов Республики Алтай	306
Щеголихина А.И., Гостищева М.В.	
Характеристика органического вещества торфяных почв эвтрофного болота «Таган» Томской области	308

CONTENTS

Introduction	3
Greeting of the academician of the RAS, Professor	5

Part 1. Lecture symposium

Arkhipov V.S., Lobova J.A. Adsorptive property of peat	8
Bambalov N.N. The analysis of biogeochemical factors of decomposition of organic substance	19
Gamzikov G.P. Opportunities of use natural agrochemical resources as fertilizers	28
Glagolev M.V. The estimation of methane emission from west Siberian wetlands	33
Golovchenko A.V. Structural-functional organization of microbial communities in peat soils	42
Grehova I.V. Reception humic of preparation.....	49
Zhiljakova T.P., Udintsev S.N., Kravetsky P.A. The influence of humiton, a peat humic acids origin drug, on the parameters of nonspecific resistance of animals.....	58
Inisheva L.I. Problems of rational use of peat resources (results of researches of Problem laboratory for 10 years of work)	67
Karelina O.A., Tronova T.M. Estimation of modern biological state of peats from Siberia of therapeutic aims	77
Kopanitsa N.O. Application of peat in construction	89

Lishtvan I.I. Problems of complex use of peat and sapropel.....	98
Lukin S.M. Perspective directions use of peat in the agriculture	108
Makarenko G.L. To a question of genetic classification of peatbog based on trophicity degree	117
Makarychev S.V. Peculiarities of swampy soils thermalphysic condition studies	123
Pozdnjakov A.I., Pozdnjakova A.D. Biospher-landscape role of a peat file at anthropogenous loading: the theory and practice; problems and decisions	132
Hmelev V.A., Kalichkin V.K. The marsh grounds and classification soils of them making	141
Chuprova V.V. Structural features humig acids of peats of a different degree humiphication	150
Judina N.V., Savel'eva A.V. Structural features humic acids of peat different of degree humification	151
Tsybukova T.N., Inisheva L.I. Geochemical estimation of peats of south-east part of the West Siberian plain	162
Szajdak L., Szczepanski M. Function of peat – moorsh soils on the purification of ground water	171

Part II. PERFORMANCES OF PARTICIPANTS OF SCHOOL

Bobrovskaja D.L., Kasimova L.V., Kravets A.V. Influence of new kinds of organic fertilizers on the basis of peat on biological activity, processes of the mineralization and transformation of organic substance of soil	184
Bondarchuk I.B., Ivanjuk I.M., Grinev R.O., Fedjaeva I.V., Lunev V.I., Skobel'sky V.S., Usenko A.I. Deposit of iron ore of Bakchar.....	188

Garkusha D.N., Fedorov Y.A., Lysikh I.A. Methane emission from the peat deposits of the Ilassky wetland of Arkhangelsk region.....	195
Gostishcheva M.V., Sergeeva M.A., Shchegolihina A.I., Easterlin M. Change of structure and properties of humic acids of peat at microbiological activation	201
Demina L.A. Applikacion of peatfertilizers mixtures under the cereal crops	209
Dobrovolskaya T.G., Kukhareno O.S., Golovchenko A.V., Matyshak G.V. Bacterial complexes in tundra soils of Yamal	214
Ilyina A.A. Peat as a component of drilling agents	218
Karpenko L.V. Structure of peaty deposits in the sym and dubches interfluve (Krasnoyarsky krai, Middle taiga)	226
Kosyh N.P. Method of definition of underground production in bog ecosystems	231
Kravets A.V. Physiological activity of the extract from soddy-acid soil at entering peat fertilizers	236
Kuzmina S.V., Lipatnikova E.S., Karetnikova E.A. Photoinduced degradation of herbicide 2,4-dichlorophenoxyacetic acid in water in the presence of humic acid and with active sludge	241
Meshcheryakov A.A., Kazakov E.M. Effekt mineral fertilizers in spring wheat under dependence from a mount gumus	245
Pozdnjakova A.D., Kuz'mina I.V., Pozdnjakov A.I., Musekaev D.A. Ecological biological estimatione of efficiency of influence of various kinds of organic chemistry on burnt out peatland.....	251
Rakovich V.A., Molokova N.V., Selivonchik T.V. Emissions CO ₂ at fires on turbaries.....	256

Sergeeva M.A., Kataev S.G. Application of the cluster method for estimation microbiological activity peat soils	260
Sneg A.A., Balabko P.N. Alluvial marsh soils of the floodplain of Ob' river	265
Suvorov G.G., Glagolev M.V. The duration of "active methane emission period"	270
Timofeev A.E., Jakonovskaja T.B. Complex use of peat deposit's resources as a strategy of economic and ecological efficiency in crease at the peat enterprises	275
Ulyanova O.A., Nechaeva A.S., Shatalova U.G. Scientific bases of redwood bark and sapropel processing into non-traditional fertilizing compositions	280
Fed'ko I.V. Prospect of a professional training on speciality bases of studying of peat	285
Philippov D.A. About dynamics of flood plain mires in the north-west of Vologda region	288
Kharanzhevskaya J.A. Dynamics of the chemical compound of waters of the raised bog	294
Shnyrev N.A., Glagolev M.V. Typical values of CH ₄ emission from wetlands of West Siberia	300
Schurova M.V., Larina G.V., Kasanceva N.A., Schadoeva O.A. The characteristics of peatment resources of republic Altay	306
Shchegolikhina A.I., Gostishcheva M.V. The characteristic of organic matter of cutover and virgin peats of the deposit "Tagan" of the Tomsk region	308



Болото Горного Алтая



Экспедиция в Республике Алтай



Сосново-кустарничково-гишное болото



Карликовая березка



Участники пятой научной школы



Экскурсия участников школы на болото

Научное издание

Болота и биосфера

Материалы Шестой Всероссийской научной школы

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

Издательство ФГУ «Томский ЦНТИ». Лицензия ИД №05060 от 14.06.2001 г.
Отпечатано в ФГУ «Томский ЦНТИ» Лицензия ПД №12-0084 от 16.04.2001 г.

Подписано в печать 31.08.2007 г. Заказ № 445. Тираж 300 экз.

634021, г.Томск, пр.Фрунзе, 115/3. Тел. (3822) 26-31-69.