

Российский фонд фундаментальных исследований
Томский государственный педагогический университет
Сибирское отделение Российской академии сельскохозяйственной наук
Сибирский НИИ сельского хозяйства и торфа
Сибирское отделение Российской академии наук
Институт мониторинга климатических и экологических систем
Томский политехнический университет
Томское отделение Докучаевского общества почвоведов

БОЛОТА И БИОСФЕРА

МАТЕРИАЛЫ ПЯТОЙ НАУЧНОЙ ШКОЛЫ

(11-14 сентября 2006 г.)

Томск
2006

УДК 551.0 + 556.56

Болота и биосфера: Сборник материалов Пятой Научной Школы (11-14 сентября 2006 г.). Томск: Изд-во ЦНТИ, 2006. - 302 с.

Сборник включает в себя избранные лекции ведущих специалистов и материалы молодых ученых, работающих в области физико-химических и биологических свойств болотных образований, их гуминовых веществ и рационального использования болотных ресурсов. Сборник может быть рекомендован для студентов, аспирантов, научных сотрудников, преподавателей естественно-научных специальностей.

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

Научная Школа «Болота и биосфера» проведена при поддержке РФФИ (№ грантов 06-05-74051, 04-05-65197).

Под редакцией:

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

Рецензенты:

академик РАСХН Б.С. Маслов

д.г.н. А.Г. Дюкарев

Ответственный за выпуск:

к.б.н. О.Г. Савичева

ISBN 5-89702-158-9

- © Томский государственный педагогический университет
- © Томский политехнический университет
- © ФГУ «Томский ЦНТИ»

Введение

При наступлении юбилейной даты по традиции принято подводить итоги и делиться планами на будущее. В этом году всероссийская Научная Школа «Болота и биосфера» будет проводиться в пятый раз. На четыре года повзрослели молодые участники Первой Школы, которая состоялась в 2002 году. На предыдущих четырех Школах мы рассматривали многие проблемы болот: генезис болот и их роль в биосфере; водный баланс и круговорот веществ в болотах; охрана, рациональное использование и восстановление болот; физико-химические свойства торфов и новейшие технологии переработки торфяных ресурсов.

Но наступило время активизации инновационной деятельности. В стране организуются инновационно-технологические центры, технико-внедренческие зоны, технопарки. В связи с этим, на Пятой Школе, наравне с теоретическими проблемами болот будут обсуждаться вопросы, связанные с необходимостью подъема торфяной промышленности. Россия богата природными ресурсами, но она не может и не должна быть ресурсным придатком для всего мира. Рациональное использование болотных образований предполагает формирование научно-технической политики, оценивающей с принципиально новых позиций их роль и место в устойчивом развитии регионов.

Решение новых задач требует привлечения значительных научных сил, а для реализации на практике – квалифицированных специалистов, владеющих знаниями в различных областях торфяного направления, таких как болотообразование, геология и разведка торфяных месторождений, физико-химические свойства болотных образований, мелиорация и рациональное природопользование на торфяных болотах, технологии добычи и переработки торфа и сапропеля. Формирование специалистов такого профиля является одной из важнейших целей нашей Школы, участие в которой позволяет молодым исследователям знакомиться со многими вопросами, касающимися как теоретических, так и практических задач рационального природопользования на торфяных болотах.

Впервые в России на базе Томского государственного педагогического университета (ТГПУ) открыта специализация «Торфяные ресурсы и торфопользование», востребованная на предприятиях торфяной промышленности. Организация такой специализации в университете стала возможной по ряду причин, в том числе, благодаря успешно прошедшей в 2006 году аккредитации Проблемной лаборатории агроэкологии. Лаборатория продолжает изучать важнейшие проблемы торфопользования, начатые кафедрой ботаники ТГПУ в 1961 году.

В перспективе предполагается открытие специальности «Торфведение», необходимость которой диктуется широким распространением торфяных ресурсов, их важной экологической ролью в биосфере, а также востребованностью специалистов торфяного профиля. Открытие такой специальности характеризуется новизной мирового уровня, так как комплексное обучение, включающее наряду с фундаментальными дисциплинами (образование и функционирование болот, физико-химические свойства торфа и др.) также целый ряд курсов, посвященных решению технологических задач (разведка, технологии производств и т.д.), будет создано впервые.

В перспективе разработка, охрана и использование торфяных ресурсов за Уралом станут социально-экономической необходимостью. В рамках данной специальности планируется создание системы индивидуальной подготовки высококвалифицированных кадров, владеющих фундаментальными знаниями в области охраны торфяных болот, физикохимии и биологии торфа, технологий добычи и глубокой переработки торфа, рационального природопользования на торфяных болотах.

В настоящее время в ТГПУ проводится активная работа по разработке спецкурсов, учебных пособий и практикумов по данному направлению. Готовится к изданию учебник «Торфведение». Мы очень надеемся, что открытие специальности состоится, и это позволит молодому поколению вернуться на те передовые позиции, которые раньше всегда занимало советское болотоведение.

*Научный руководитель Школы
Л.И. Инишева*

Приветствие
председателя национального торфяного комитета РФ,
члена исполнительного комитета
международного торфяного общества (IPS), директора
НП «Торфяное общество» Д.Ю. Гогина

Дорогие участники Пятой Научной Школы «Болота и биосфера»!

Российская Федерация располагает крупнейшими ресурсами торфа, которые составляют 47 % от общих (500 млрд. т) мировых запасов.

Прежде всего, представляет интерес использование торфа в Российской Федерации - на топливо. Рост потребления торфяного топлива на электростанциях и в коммунальном хозяйстве России связан с решением проблемы изменения соотношения цен на энергоносители. Нам представляется наиболее актуальным использование торфяного топлива в малой энергетике, коммунальном хозяйстве. Уже сейчас рост цен на энергоносители (газ, мазут, уголь с учетом доставки) склоняют регионы к использованию местных видов топлива (отходы лесопиления, торф).

В этом направлении считаем необходимым продолжить работы по совершенствованию процессов газификации торфа. Создание установки, позволяющей получать очищенный газ, накапливать его с последующим использованием в бытовых плитах и газовых котельных, включая выработку электроэнергии для создания автономного и резервного энергообеспечения, представляется перспективным.

Экономически эффективными являются и другие направления использования торфа. Например, по экспертным оценкам ежегодная потребность России только в технических сорбентах (активных углях) составляет 140-150 тыс. т.

Известно широкое использование торфа в сельском хозяйстве. Это грунты, мелиоранты, удобрения, ветеринарные препараты и биологические стимуляторы роста, а также другая продукция для строительной и химической отраслей.

В системе государственного управления позиция и интересы торфяников фактически сейчас не представлены. Для исправления сложившейся ситуации и консолидации сил с целью сохранения и развития торфяной отрасли Российской Федерации учреждено Некоммерческое партнерство «Торфяное общество». В него вошли акционерные предприятия, частные, предприятия с участием иностранного капитала. Общая география участников от Калининграда до Сахалина позволяет с уверенностью сказать, что данная организация охватывает всю Россию. Некоммерческое партнерство

признано Национальным Комитетом, представляющим Российскую Федерацию в Международном Торфяном Обществе (IPS).

В настоящее время в России в торфяной отрасли работает более 50-ти докторов и более 300 кандидатов наук. Не многие страны мира имеют такой мощный узкоотраслевой научный потенциал, задействованный в фундаментальных и прикладных исследованиях торфа. Однако это в основном старшее поколение. Поэтому я желаю Школе здравствовать еще многие годы, а молодому поколению принять эстафету изучения проблемы охраны и рационального использования торфяных ресурсов России.

A handwritten signature in blue ink, appearing to be 'Томаш', written in a cursive style.

Часть I.

ЛЕКТОРСКИЙ СИМПОЗИУМ

Биогеохимия болотного почвообразования

В.К. Бахнов

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

В биогеоценозах болот на выровненных водоразделах и низменных территориях ведущим источником элементов минерального питания фитоценозов служит заболачивающаяся почва, а господствующей формой миграции химических элементов является биологическая. Корнеобитаемый слой, в силу аккумулятивного характера болотного почвообразования, смещается вверх, перемещая вовлеченные в биологический круговорот элементы из нижних слоев в верхнюю нарастающую часть органогенного профиля.

Лекция посвящена выявлению основных закономерностей формирования современных болотных почв, для чего использовался биогеохимический подход, что объясняется признанием биологической формы миграции в качестве ведущей в процессе развития и функционирования болотных систем. Исследования под руководством автора статьи проводились в южной тайге и лесостепной зоне Западной Сибири и включали изучение почв, растений и вод низинных, переходных и верховых болот. Содержание химических элементов в торфе выражали в объемных единицах – мг/л торфа. Показатели объемной массы получали прямым определением в поле и расчетным путем: по степени разложения торфа [1] и по количеству золы в торфе [2].

Низинные, переходные и верховые болота рассматриваются как пространственно разобщенные стадии единого болотообразовательного процесса [3]. Растительность западно-сибирских болот насчитывает 582 вида: 321 вид сосудистых, 176 моховидных и 85 лишайников [4]. Наиболее богатая и разнообразная растительность низинной стадии по мере перехода в верховую стадию обедняется и становится менее разнообразной.

Общая направленность сукцессий доминантных видов, маркирующих отдельные стадии развития современных болот, является ретроспективным отражением последовательности появления на Земле этих растений, т.е. филогенетически более молодые виды сменяются видами менее продвинутыми в эволюционном развитии. Данный палеоботанический аспект лежит в основе процесса саморазвития болот и болотных почв.

Болотные растения характеризуются различным уровнем содержания биогенных элементов (табл. 1). Самые низкие концентрации их свойственны болотным лишайникам. Сфагновые мхи занимают следующую позицию

Таблица 1
Среднее содержание биогенных элементов в растениях различных филогенетических групп

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

после лишайников. Представители хвойных, гипновых мхов и кустарничков располагаются вслед за сфагновыми мхами. Наибольшее количество золы и практически всех зольных элементов содержат листья древесных пород и кустарников, а также травянистые цветковые растения. Ветви древесных пород, кустарников и кустарничков по зольному составу близки сфагновым мхам, однако содержание Са, Mg, Zn и Cu в них выше, чем во мхах.

По степени обогащения зольными элементами рассматриваемые группы растений можно расположить в следующий ряд: цветковые – хвойные – мохообразные – лишайники. Данный ряд напоминает последовательность сукцессий, совершающихся в процессе саморазвития болот. Следовательно, в результате сукцессий растительные группировки сменяются видами менее обогащенными биогенными элементами по сравнению с элементным составом предшествующих видов. Однако общая тенденция распределения биогенных элементов в указанных группах нарушается высоким уровнем содержания железа в лишайниках и мхах, а также натрия во мхах. Эта особенность мхов и лишайников – генотипический признак, обусловленный, очевидно, химическим составом среды, в которой формировались их исторически отдаленные предки.

Исключительно велика роль корневых систем в формировании профильного распределения минерального состава болотных почв. Корни тростника, хвоща, вахты трехлистной, некоторых осок, белокрыльника, сабельника и других видов могут проникать до глубины 50–70 см. Деятельные корни деревьев, кустарников и большинства трав располагаются в слое до глубины 20 см. Корнеобитаемый слой в процессе нарастания органогенного профиля смещается вверх, перемещая при этом элементы минерального питания растений из нижних в верхние слои почвы.

Интенсивность и глубина разложения опада зависит в первую очередь от видовой принадлежности растения, обуславливающей биохимический и минеральный состав мертвых остатков. Энергично разлагаются вахта трехлистная, морошка, шейхцерия, таволга, сабельник, гравилат речной, листья березы и ивы; медленнее – осоки, пушица узколистная, ветви кустарничков; труднее – сфагновые мхи. Наиболее энергично разложение опада осуществляется на начальных этапах процесса. Последующая минерализация и гумификация опада осуществляется чрезвычайно медленно. Поэтому разложение растительных остатков и превращение их в торф длится на верховых болотах примерно 100 лет, на низинных – 400–500 лет [5].

Определение ведущего источника элементов питания болотных растений открывает возможность познания основных закономерностей формирования, функционирования и развития болотных биогеоценозов и их почвы.

Сукачев В.Н. [6], принимая растительность болот как производное условий водного питания, подразделил болота на грунтового (низинные,

переходные) и атмосферного (верховые) питания. Он полагал, что грунтовые воды достаточно минерализованы и способны обеспечить произрастание требовательной к минеральному питанию растительности, тогда как слабоминерализованные атмосферные осадки могут удовлетворить потребность в зольных элементах растительность верховых болот. Иного взгляда придерживался В.Р. Вильямс [7]. Источником зольных элементов для растительности болот он считал почву, подвергшуюся заболачиванию, а обеднение органогенного профиля зольными элементами связывал с микотрофным типом питания болотных растений.

В настоящее время в качестве ведущего источника зольных элементов априорно признается влага, поступающая в болото.

С разделением болот по типам водно-минерального питания были не согласны некоторые известные болотоведы [8, 9], утверждавшие, что нет четкого понятия «грунтовые воды», а вода, поступающая в болото и циркулирующая в торфяной залежи, имеет атмосферное происхождение. О несоответствии типов болот источникам водно-минерального питания свидетельствуют результаты изучения болот Карелии и Европейского Севера [2, 10], а также Западной Сибири [11, 12]. Этими исследованиями было установлено, что основу водного баланса изученных низинных болот составляет атмосферная влага.

Атмосферные осадки в отсутствии техногенного загрязнения - ультрапресные и не могут играть заметную роль в обеспечении болотных фитоценозов элементами минерального питания.

Величина стока и химический состав поверхностных и почвенно-грунтовых вод определяются почвенно-растительным покровом водосборов, геохимической обстановкой и степенью участия химических элементов в биологическом круговороте. Развитие современных болот до активного разрушения человеком природных экосистем протекало в окружении девственных ландшафтов, преимущественно лесных. Рыхлое состояние верхних горизонтов лесных почв обуславливало интенсивную фильтрацию воды, что ослабляло или совсем приостанавливало поверхностный сток. Водные растворы при движении по профилю почв встречают ряд «барьеров», приводящих к изменению минерального состава влаги. Один из них – корнеобитаемая зона, в которой основное количество мигрирующих элементов из подстилки перехватывается растениями. Например, высвобождающееся из опада железо вновь поглощается растениями не менее чем на 70 %, а усвоение фосфора достигает не менее 95 % [13]. Присутствие полуторных оксидов в лесных почвах снижает водную миграцию P, Ca, Mg, Co, B, Zn. Воднорастворимый фосфор, например, в подзолистых почвах, активно связывается R_2O_3 , поэтому его передвижение с гравитационной влагой в виде истинных растворов чаще всего отсутствует. Сохранению

биогенных элементов в биогеоценозе способствует также совмещение по времени активности процессов разложения опада, высвобождения из него элементов питания и поглощения их растениями.

Таким образом, почвенно-растительный покров водоразделов выполняет роль мощного геохимического барьера на пути гидрогенной миграции химических элементов, особенно биологически активных, в болотные массивы.

Заболачивающаяся минеральная почва выполняет роль почвообразующей породы по отношению к формирующемуся на ней органогенному профилю. Она опосредованно через почвообразующий фитоценоз «программирует» ход развития болотной почвы, её вещественный состав и основные свойства [14, 15].

Связь предболотной почвы проявляется в формировании зольного состава органогенного профиля (табл. 2). На более плодородной предболотной почве (Р. 5-н) в органогенный профиль вовлечено больше биогеогенных элементов, чем на менее плодородной предболотной почве (Р. 2-м). Рассматриваемые почвы различаются строением органогенного профиля. В первом случае (Р. 5-н) он полностью сформирован низинным торфом, во втором (Р. 2-м) – слой низинного торфа мощностью около 25 см обнаружен у основания профиля, остальная толща сформирована остатками сфагновых мхов (табл. 3). Следовательно, о плодородии предболотной почвы можно судить по наличию горизонта низинного торфа и его мощности.

От элементного химического состава торфообразующих растений зависит степень разложения и зольность торфа. В свою очередь, объемная масса, во многом определяющая водно-физические свойства болотных почв, тесно коррелирует с показателями этих свойств.

Таблица 2

Запас биогеогенных элементов в колонке торфа и предболотной почве, г/м²

Субстрат	Мощность, см	Р	К	Са	Mg	Fe	Mn	Zn	Mo
Р. 5-н. Низинное болото									
1	0–90	169	275	2258	568	1224	20	5	0.6
2	0–50	465	12731	12752	3366	20428	176	43	1.4
Р. 2-м. Верховое болото									
1	0–225	62	80	923	110	389	10	3	0.4
2	0–50	724	7369	3181	1268	15270	60	36	0.6

Примечание: 1 – торф, 2 – предболотная почва.

Объемная масса болотных почв подвержена значительным колебаниям. В органогенном профиле её показатели изменяются от 0.04 до 0.23 г/см³, т.е. максимальные величины превосходят её минимальное значение почти в 6 раз. Наибольшие показатели объемной массы обнаруживаются в слоях профиля, сформированных низинным торфом, наименьшие – в профиле, образованном остатками сфагновых мхов (см. табл. 3). В верхних слоях подстилающих органогенный профиль предболотных почв объемная масса изменяется от 0.6 до 1.40 г/см³. При таком широком диапазоне изменения показателя объемной массы болотных почв результаты анализа, например содержания химических элементов, логично выражать не в весовых, а в объемных единицах.

Таблица 3

*Ботанический состав, степень разложения и объемная масса торфа
(Р. 2-м)*

Глубина образца, см	Состав торфа	Участие вида, %	Степень разложения, %	Объемная масса, г/см ³
0–10	Sphagnum fuscum Sphagnum angustifolium Кустарнички	75 20 5	10	0.08
10–20	Sphagnum fuscum	100	0	0.08
30–40	Sphagnum fuscum	100	10	0.07
60–70	Sphagnum fuscum	100	0	0.07
90–100	Sphagnum fuscum	100	0	0.07
110–120	Sphagnum fuscum Sphagnum angustifolium Sphagnum magellanicum	40 40 20	15	0.07
150–160	Sphagnum magellanicum Sphagnum angustifolium Eriophorum vaginatum	50 40 10	5	0.07
190–200	Sphagnum angustifolium Sphagnum magellanicum Scheuchzeria palustris Древесина	55 10 20 15	45	0.16
215–225	Dryopteris thelypteris Menyanthes trifoliata	90 10	55	0.18

Основное количество зольных элементов в органогенном профиле накапливается на ранней стадии его формирования. В силу аккумулятивного характера болотного почвообразования корнеобитаемый слой постоянно

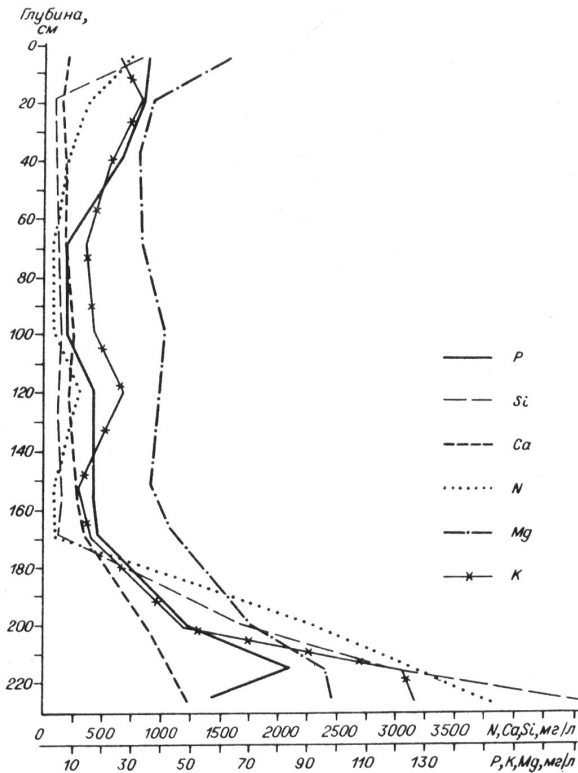


Рис. Распределение концентраций некоторых биогенных элементов в органическом профиле болотной почвы (Р. 2-м).

смещается вверх, перемещая вовлеченные в биологический круговорот элементы минерального питания из нижних слоев в верхние. Элементы, не поглощенные растениями и оставшиеся вне сферы распространения корней, исключаются из дальнейшего круговорота, что приводит к обеднению ими нарастающей части органического профиля. Такой характер перераспределения элементов в профиле сопровождается сукцессиями торфообразующих растений: более требовательные виды к условиям минерального питания сменяются менее требовательными видами, что приводит к формированию горизонтов торфа менее обогащенных зольными элементами.

В органическом профиле, как правило, обнаруживаются два максимума содержания многих биогенных элементов (рис.). Верхний, менее выраженный, приурочен к деятельному (0–30 (50) см) слою, где сосредо-

точены живые корни и мертвые остатки растений, находящиеся в стадии превращения в торф. Нижний максимум располагается у основания органического профиля и представляет собой остаточное количество биогенных элементов, накопленное на ранней стадии болотообразования, но не вовлеченное в биологический круговорот на последующих стадиях формирования органического профиля.

В жизни болота наступает период, когда запас элементов питания, накопленный на ранней стадии развития, оказывается исчерпанным. Поступление их воздушным путем не способно удовлетворить в элементах питания даже сфагновые мхи. Прекращается торфонакопление. В угнетенный моховой покров внедряются неприхотливые к условиям существования печеночники, лишайники, водоросли, способствующие деградации моховой дернины. Усиливается обводненность поверхности болота. Все это свидетельствует о наступлении завершающей стадии саморазвития болота, названной В.Д. Лопатиным [16] дистрофной. На месте дистрофных болот образуются так называемые вторичные озера, которые знаменуют собой трансформацию болотной формы почвообразования в подводную форму.

Рассмотренные закономерности формирования запаса и профильного распределения зольных элементов относятся к почвам болот водоразделов и низменных равнин, где ведущим источником их является заболачивающаяся минеральная почва. Иные условия могут складываться в почвах болот, расположенных в долинах рек – в пойме и на террасах. Элементный химический состав этих болот может постоянно или периодически корректироваться поступлением минеральных веществ с паводковыми и почвенно-грунтовыми водами. Именно в развитии долинных болот гидрологический фактор может играть заметную, а иногда ведущую роль в обеспечении фитоценозов элементами минерального питания.

В профиле болотных почв, сформированных на низких речных террасах, нередко обнаруживаются слои с аномально высоким содержанием зольных элементов, особенно Fe и Ca (табл. 4). Их появление в профиле связывают с существованием в прошлом сухих и влажных периодов. Считают, что в сухие периоды происходило накопление Ca в почвах водоразделов. Наступление влажных периодов и облесение водоразделов приводило к выщелачиванию из почв сначала карбонатов, затем и железа, которые с влагой выносились в депрессии низких речных террас, уже подвергшихся заболачиванию.

Появление слоев с аномальными концентрациями зольных элементов не всегда согласуется с подобным объяснением. Во-первых, в силу различной миграционной способности элементы должны мигрировать и распределяться в органическом профиле в определенной последовательности. Во-вторых, обогащенные элементами слои торфа

Содержание зольных элементов в болотных почвах на террасах рек Бакчар и Жуковка (Томская область)

Глубина, см	Зола, %	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Zn
		г/л торфа					мг/л торфа	
Суховское болото								
0–10	6.7	0.11	0.21	1.0	0.16	0.1	10	2.7
10–20	17.4	1.65	0.06	4.2	0.42	7.6	49	7.6
50–60	10.2	0.85	0.03	3.2	0.26	3.2	41	2.7
100–130	12.4	0.20	0.11	3.2	0.40	2.2	16	5.0
Жуковское болото [17]*								
0–10	9.8	0.67	0.13	3.7	0.51	5.1	-	-
10–20	29.5	5.26	0.25	11.2	1.01	48.1	-	-
20–30	10.4	0.46	0.11	4.5	0.40	4.8	-	-
30–50	7.6	0.14	0.03	3.4	0.22	1.4	-	-
50–100	7.2	0.08	0.03	3.0	0.10	1.1	-	-

Примечание: * - пересчет оксидов на элемент, а также перевод процентного содержания элементов в г/л торфа сделаны автором.

должны располагаться на одной и той же глубине, соответствующей тому периоду голоцена, когда совершалось выщелачивание элементов из почв водоразделов. В действительности на болотах одного и того же природного региона такие слои обнаруживаются на разных глубинах, но чаще они бывают приурочены к верхней (10–20 см) части профиля, что свидетельствует об активном протекании этого процесса в недалеком прошлом (см. табл. 4).

Формирование аккумуляций зольных элементов в органогенном профиле почв болот на речных террасах может быть вызвано рядом причин, в основе которых лежит катастрофический характер уничтожения естественных биоценозов и почв на водоразделах, прилегающих к террасам. Главными из них являются: 1) сильные пожары, уничтожающие не только растительный покров, но и подстилку, гумус, животное и микробное население почв; 2) сведение на больших площадях естественной растительности в результате распашки. В отсутствие таких мощных геохимических барьеров, как почва и растительность, химические элементы с водой поверхностного и внутрипочвенного стока поступали в речные долины и осаждались на болотах речных террас.

Таким образом, мы рассмотрели биогеохимические аспекты процесса болотообразования. Ведущим источником элементов минерального питания фитоценозов болот, сформированных на водоразделах и низменных равнинах, служит почва подвергшаяся заболачиванию. Гидрологический фактор может выполнять существенную роль в данном процессе тех болот, которые расположены на речных террасах и в пойме рек.

Литература

1. Лопатин В.Д., Пятецкий Г.Е. Уравнение зависимости между объемным весом и степенью разложения торфа и значение пересчета агрохимических данных на единицу объема // Стационарное изучение болот и заболоченных лесов в связи с мелиорацией. Петрозаводск, 1977. С. 148–149.
2. Нестеренко И.М. Мелиорация сельскохозяйственных земель Карелии. Петрозаводск, 1967. 102 с.
3. Цинзерлинг Ю.Д. Растительность болот СССР // Растительность СССР. М., Л., 1938. Т. 1. С. 355–428.
4. Лисс О.Л., Абрамова Л.И., Аветов Н.А. и др. Болотные системы Западной Сибири и их природоохранное значение. М., 2001. 584 с.
5. Козловская Л.С. Процессы торфообразования в таежной зоне // Биологические проблемы Севера. IX симпозиум / Тез. докл. Сыктывкар, 1981. Ч. 1. С. 295.
6. Сукачев В.Н. Болота, их образование, развитие и свойства. Л., 1926. 162 с.
7. Вильямс В.Р. Почвоведение. М., 1949. 449 с.
8. Ниценко А.А. Краткий курс болотоведения. М., 1967. 148 с.
9. Богдановская-Гиенэф И.Д. Закономерности формирования сфагновых болот верхового типа. Л., 1969. 185 с.
10. Чесноков В.А. О величине грунтового питания болот // Исследования по лесному болотоведению и мелиорации. Петрозаводск, 1978. С. 31–35.
11. Рассказов Н.М., Солодовникова Р.С., Головина Н.Р. Микрокомпонентный состав торфов и торфяных вод Обского, Таганского и южной части Васюганского торфяных месторождений // Изв. Томск. политехн. ин-та. 1969. Т. 178. С. 84–94.
12. Рассказов Н.М. Природные условия формирования и химический состав воды водораздельных низинных болот Васюганья (Томская область) // Болота и биосфера / Материалы Второй Научной Школы. Томск, 2003. С. 62–64.
13. Фокин А.Д., Черников И.Л., Ибрагимов К.Ш. и др. Роль растительных остатков в обеспечении растений зольными элементами на подзолистых почвах // Почвоведение. 1979. № 6. С. 53–61.

14. Бахнов В.К. Биогеохимические аспекты болотообразовательного процесса. Новосибирск, 1986. 193 с.

15. Бахнов В.К. Почвообразование: взгляд в прошлое и настоящее (биосферные аспекты). Новосибирск, 2002. 117 с.

16. Лопатин В.Д. О некоторых общих вопросах болотоведения // Болота Европейского Севера СССР структура, генезис, динамика). Петрозаводск, 1980. С. 5–17.

17. Ефремова Т.Т. Формирование почв при естественном облесении болот. Новосибирск, 1975. 125 с.

Biochemistry of bog soil formation

V.K. Bakhnov

In swampy biogeocenoses, formed on smooth watersheds and low territories, the bogging soil serves as a principal source of elements of mineral nutrition. As for the predominant forms of migration of chemical elements is a biological one. Because of accumulative character of bog soil formation the rooting layer shifts upwards displacing the elements of biological cycle from lower layers into the upper incrementing part of organic profile.

Анализ биологических факторов разложения органического вещества в болотной среде

Н.Н. Бамбалов

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

Биологическим факторам принадлежит главная роль в разложении отмерших растений-торфообразователей, однако их деятельность регулируется условиями внешней среды – рН, температуры, аэрации, влажности, наличием в торфогенном слое элементов минерального питания, антисептиков и консервантов. Действием биологических факторов удачно объясняется скорость минерализации ОВ в болотной среде, однако не представляется возможным объяснить большие различия в степени разложения разных генетических видов торфа.

Постомортальное преобразование органического вещества (ОВ) является необходимым и обязательным звеном круговорота вещества и поддержания жизни на Земле, формирования почвенного покрова планеты и биосферы в целом. Первостепенная роль в превращениях ОВ в зоне

гипергенеза принадлежит живым организмам, которые, по В.И. Вернадскому [1], «являются функцией биосферы и теснейшим образом материально и энергетически с ней связаны, являются огромной геологической силой, ее определяющей».

Под биологическими факторами преобразования отмершего ОВ в условиях болот понимаются две большие группы живых организмов – многие виды фауны и микроорганизмов. Третьим фактором могут выступать ферменты, содержащиеся в самой разлагающейся биомассе и обеспечивающие автолиз органических соединений, однако, по-видимому, этот фактор не вносит значительного вклада в распад компонентов в виду кратковременности его действия.

Жуки, мокрицы, личинки насекомых, черви моллюски и др. животные измельчают растительные ткани, увеличивая их поверхность до 10 тысяч раз [2], и создавая тем самым лучшие условия для развития микроорганизмов. Кроме того, в желудочно-кишечных трактах животных обычно существуют микроорганизмы, разлагающие полисахариды, белки и другие высокомолекулярные вещества до отдельных структурных единиц типа глюкозы, аминокислот и т. п. Большая роль микрофауны болот в разложении отмерших растений-торфообразователей доказана работами Л.С. Козловской с соавторами [3]. Микроорганизмы могут преобразовывать ОВ не только после предварительной переработки биомассы животными, но и без таковой, непосредственно воздействуя ферментативным аппаратом на различные классы органических соединений сразу же после отмирания растений-торфообразователей. Нередко бывает и наоборот: микробиологическое разложение должно предшествовать разложению беспозвоночными животными, например, опад березы может быть утилизирован беспозвоночными лишь после трехмесячного микробиологического разложения [4]. Микрофауна и микрофлора взаимно дополняют друг друга в общем процессе разложения ОВ. Как отмечает Т.В. Аристовская [2], отмершие растения разлагаются при столь тесном взаимодействии микрофлоры и микрофауны, что раздельно оценить значение каждой из них чрезвычайно трудно.

Вследствие этих и ряда других причин трансформация отмершего ОВ является исключительно сложным и многоступенчатым биогеохимическим процессом сопряженного разложения и синтеза органических соединений, который осуществляется в трех направлениях: минерализация, гумификация и консервация. На соотношение между этими тремя направлениями и на скорость протекания процессов большое влияние оказывают состав живых организмов, участвующих в преобразовании ОВ и химический состав разлагающейся биомассы, а также физико-географические и почвенно-климатические условия, в которых осуществляется преобразование ОВ.

Доказано, что количество и качество гумуса в минеральных почвах в первую очередь зависит от продолжительности периода биологической активности, определяемого условиями температуры и увлажнения [5-7]. Такие факторы, как гранулометрический состав почв и ботанический состав растительности оказывают меньшее влияние, поэтому содержание ОВ в почвах и его качественный состав весьма типичны для каждой почвенно-климатической зоны [5-10]. В минеральных почвах интенсивность преобразования отмершей биомассы столь велика, что 85–90 % ОВ почв представлено глубоко гумифицированным ОВ и лишь около 10–15 % представлено полуразложившимися растительными остатками [6, 10, 11].

В отличие от минеральных почв в условиях болотной среды формируется ОВ, представленное на 30–95 % остатками растений-торфообразователей, сохраняющими клеточную структуру, и лишь на 5–70 % - гумифицированным органическим веществом. Доказано, что степень разложения торфа, количество и качество гумусовых веществ в нем тесно связаны с ботаническим составом болотных фитоценозов [12-15], и это означает, что каждому виду торфа соответствует вполне определённая степень разложения. Например, по данным [13], для верхового типа пушицевый торф имеет степень разложения 45 ± 8 %, сосновый 55 ± 8 %, все виды торфа моховой группы 13 ± 9 %, в том числе фускум-торф 11 ± 7 %, магелланикум-торф 15 ± 9 %, сфагново-мочажинный 10 ± 9 %; для торфа низинного типа: гипновый 19 ± 9 %, осоково-гипновый 24 ± 7 %, осоковый 27 ± 8 %, тростниковый 37 ± 9 %, ольховый 47 ± 7 % и т. д. Из этих данных следует, что независимо от типа торфа все виды моховой группы имеют низкую степень разложения, а древесной – высокую.

Существующее разнообразие мнений, объясняющих роль биологических факторов в разложении ОВ в болотной среде, может быть сведено к нескольким гипотезам, среди которых наиболее распространены гидротермическая, антисептическая и геохимическая. Анализ роли гидротермических факторов в разложении ОВ в болотной среде [16, 17] показал невозможность объяснения столь четкой приуроченности степени разложения торфа к его ботаническому составу только особенностями условий увлажнения и температуры.

Низкую степень разложения моховых сфагновых видов торфа пытались объяснить наличием антисептиков в сфагновых мхах [15, 18, 19], которые сдерживают их микробиологическое разложение. Действительно, в сфагновых мхах обнаружен антисептик, получивший название сфагнол. Специальные опыты показали, что удаление сфагнола путем обработки сфагновых мхов горячей водой многократно повышает скорость разложения сфагновых мхов в торфогенном слое по сравнению с контрольным вариантом [18].

Кроме сфагнола во многих растениях-торфообразователях содержатся другие бактерицидные вещества – танины, терпены, смолы, воска, оказывающие токсическое действие на микроорганизмы [20]. Присутствием этих веществ объясняют наличие в торфяных залежах фрагментов неразложившейся древесины сосны [15, 21, 22]. Однако вместе с тем, несмотря на наличие таких веществ в ежегодно опадающей хвое и ветках, сосновый, еловый, пихтовый, сосново-пушицевый и сосново-сфагновый виды торфа имеют степень разложения 35–70 % [13]. Эти виды торфа отнесены к группе битуминозных, так как содержат в своем составе не менее 5 % битуминозных веществ – восков, смол и др., обладающих бактерицидным и консервирующим действием. При этом особый интерес вызывает сравнительно высокая степень разложения сосново-сфагнового торфа, который формируется из исходных компонентов, содержащих одновременно сфагнол, воска и смолы. В этом состоит одно из противоречий антисептической гипотезы разложения ОВ растений-торфообразователей.

Данные табл. 1 и рисунка показывают, что в условиях оптимальной температуры и влажности для жизнедеятельности аэробных микроорганизмов скорость минерализации ОВ сфагновых торфов в 2–3 раза выше, чем пушицевого, тростникового и осокового. Это противоречит антисептической гипотезе и позволяет полагать, что в процессе эволюции сформировались группы микроорганизмов, способные в болотной среде разлагать ОВ в присутствии указанных антисептиков.

Таблица 1

Темпы минерализации ОВ разных генетических видов торфа, мг CO₂/100 г за 14 дней

Вид и степень разложения торфа, %	Влажность, %			
	>85	60–80	40–50	<30
Тростниковый, 60–65	210	372	296	121
Тростниковый, 45–50	412	538	314	140
Древесный, 45	328	389	280	86
Осоковый, 25–30	1215	1400	925	314
Гипновый, 10–15	1378	1676	1275	416
Сфагновый, 15–20	–	1172	–	–
Пушицевый, 45–50	–	430	–	–

Мы пытались использовать антисептические свойства сфагновых мхов для получения бактерицидных лечебных грязей на основе малоразложившегося сфагнового торфа, однако экспериментальная проверка

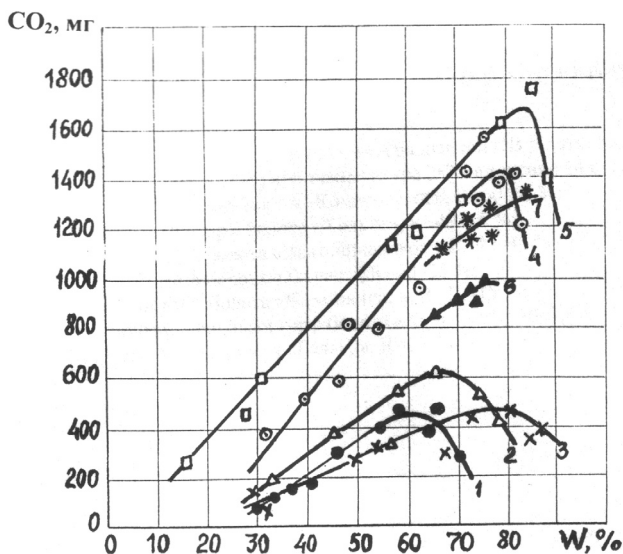


Рис. Сравнительная оценка темпов минерализации ОВ разных видов торфа в различных условиях увлажнения (W) при температуре 28°C в течение 14 суток, мг CO_2 , на 100 г ОВ:
 1 – тростниковый торф болота «Комаровское» ($R=60-65\%$);
 2 – тростниковый торф болота «Хольче» ($R=40-45\%$);
 3 – ольховый торф болота «Выгоноцанское» ($R=40-45\%$);
 4 – осоковый торф болота «Хольче» ($R=20-25\%$);
 5 – гипновый торф болота «Березовик» ($R=10-15\%$);
 6 – тростниково-осоковый торф болота «Хольче» ($R=30-35\%$);
 7 – сфагновый торф болота «Галь» ($R=15-20\%$).

показала, что бактерицидными свойствами обладают только сфагновые мхи, а соответствующие им виды сфагнового торфа такими свойствами не обладают. Известно, что в природе не существует даже очень токсичных органических соединений, которые не разлагались бы под воздействием биологических и абиотических факторов. Сфагнол и другие антисептики растений-торфообразователей не являются исключением из этого правила. Это означает, что в процессе преобразования сфагновых мхов и других растений в торф антисептики, как минимум, частично распадаются, и их остаточные концентрации не влияют на процессы минерализации и гумификации.

Дополнительным доказательством того, что низкая степень разложения моховых видов торфа не связана с наличием в них антисептиков, является тот факт, что гипновые мхи не имеют сфагнола, однако степень разложения

гипновых торфов такая же низкая, как и сфагновых. С точки зрения антисептической гипотезы гипновый торф должен был бы иметь высокую степень разложения, так как гипновые мхи не содержат антисептиков.

Таким образом, в среде торфогенного слоя верховых болот живые организмы минерализуют ОВ отмерших частей сфагновых мхов с высокой скоростью, но это не приводит к формированию высоко разложившегося торфа. Это означает, что низкая величина степени разложения сфагновых видов торфа связана не с наличием в них антисептиков, а с какими-то другими причинами. Совокупность представленных выше данных позволяет утверждать, что антисептическая гипотеза консервации ОВ в болотной среде либо неверна, либо имеет весьма существенные ограничения.

Заслуживает внимания рассмотрение причин геохимического характера, сдерживающих преобразование ОВ в болотной среде, ибо рассмотрение роли биологических факторов в разложении ОВ вне связи с наличием элементов минерального питания для микроорганизмов было бы принципиально неверным. Почвоведями и микробиологами накоплен большой экспериментальный материал о зависимости скорости распада отмерших растений от химического состава как самих разлагающихся растений, так и от химического состава среды их разложения. Согласно обобщению [2], наиболее благоприятные условия для процессов разложения создаются при соотношении C:N:S:P, равном 100:8:1:1.2. Экспериментально показано [23], что при недостатке в торфяной залежи элементов минерального питания микроорганизмы не способны разлагать ОВ чистой целлюлозы. В опытах без фосфорных удобрений внесенная в торфяные залежи клетчатка почти не разлагалась, а в варианте с внесением фосфорсодержащих солей она разлагалась на 60–100 %. Внесение азотсодержащих солей без фосфорных не приводило к ускорению разложения клетчатки. Из этих экспериментов был сделан вывод о том, что в торфяных залежах деятельность комплекса целлюлозоразрушающих микроорганизмов (грибов, бактерий и актиномицетов) тормозится недостатком элементов минерального питания. Это принципиальный вывод, не противоречащий общепризнанным агрохимическим знаниям и обязывающий учитывать геохимическую ситуацию при трактовке причин, обуславливающих разную степень разложения у разных генетических видов торфа. Однако следует заметить, что этот вывод относится лишь к экспериментам с помещением в торфяные залежи чистой целлюлозы, а не биомассы растений-торфообразователей. Последние, в отличие от целлюлозы, всегда содержат в своем составе определённые количества необходимых элементов минерального питания, поглощенных из торфогенного слоя и атмосферных осадков.

Низинные торфяные залежи содержат достаточные количества химических элементов, необходимых для жизнедеятельности живых организмов торфогенного слоя, разлагающих органическое вещество, но, несмотря на это, пласты гипнового торфа в таких залежах всегда имеют низкую степень разложения. Этот общеизвестный факт невозможно объяснить недостатком какого-либо химического элемента для жизнедеятельности организмов, разлагающих ОВ в торфогенном слое.

В торфяных залежах верхового типа содержание элементов минерального питания многократно меньше, но даже в этих условиях растения-торфообразователи верховых болот получают достаточные их количества для осуществления физиологических процессов и построения своих тел. После отмирания и частичного разложения растений-торфообразователей эти элементы переходят в раствор торфогенного слоя и затем, согласно законам осмоса и диффузии, распределяются по территории каждого болотного биогеоценоза и становятся доступными для всех компонентов биоты, включая микроорганизмы. С учетом этих процессов трудно представить, чтобы разложение отмерших торфообразователей сдерживалось недостатком какого-либо элемента минерального питания. Это тем более представляется маловероятным, если учесть, что малоразложившийся сфагновый, например, фускум-торф и высоко разложившийся сосновый или пушицевый торф очень часто сосуществуют практически рядом, мозаично чередуясь небольшими пятнами в пределах одного квадратного метра. На таких микроучастках болот водорастворимые элементы минерального питания растений и микроорганизмов имеют возможность равномерно распределяться по торфогенному слою в связи с его высокой обводненностью.

Для понимания роли элементов минерального питания в формировании торфов с разной степенью разложения большой интерес представляют исследования польских учёных [4, 24], доказавших, что даже через 100 лет сельскохозяйственного использования осушенной торфяной почвы на моховом торфе степень разложения не превышала 20 %. Известно, что при сельскохозяйственном использовании внесение минеральных удобрений в торфяные почвы является обязательным агроприёмом, но несмотря на столь длительное время пребывания обрабатываемого слоя торфяной почвы в условиях достатка элементов минерального питания, степень разложения мохового торфа оставалась низкой. Аналогичные результаты получены в Германии [12] на торфяной почве, развивающейся на осоковом торфе и используемой в сельском хозяйстве в течение 250 лет. Эти данные являются ещё одним доказательством слабой зависимости степени разложения торфа от условий минерального питания организмов, разлагающих ОВ.

Отдельно следует сказать о роли кальция, являющегося регулятором кислотности болотной среды, в которой разлагаются отмершие растения-торфообразователи. В зависимости от величины рН формируются разные сообщества микроорганизмов, разлагающих ОВ: в кислой среде в разложении участвует преимущественно грибная микрофлора, в нейтральной – бактериальная [9, 19]. Общеизвестна роль кальция в усилении темпов минерализации ОВ торфов [25] и почв [9, 19].

Для изучения роли рН в разложении растений-торфообразователей нами выполнены трехлетние балансовые опыты в условиях низинного и верхового болот Березинского биосферного заповедника. Для этого в конце вегетационного периода (октябрь) были собраны типичные растения-торфообразователи низинных болот – осока (*Carex lasiocarpa*), тростник (*Phragmites communis*), древесина и листья ольхи (*Alnus glutinosa*), верховых болот – пушица (*Eriophorum vaginatum*) и сфагновый мох (*Sphagnum magellanicum*). Балансовые исследования выполнены методом помещения навесок в капсулы из стеклоткани, которые закладывали в торфогенный слой на глубину 3–10 см. Торфообразователи верхового болота «Савский Мох» закладывались в торфогенный слой этого же болота (рН_{KCl} 2.8), торфообразователи низинного болота «Пострежское» закладывались в торфогенный слой этого же болота (рН_{KCl} 5.1). Кроме этого отмершие растения тростника и осоки помещались в торфогенный слой как низинного, так и верхового болот, т. е. одни и те же торфообразователи разлагались в одно и то же время в условиях торфогенных слоев с разной величиной кислотности среды. Повторность опытов четырехкратная.

Данные табл. 2 показывают, что в течение трех лет одни и те же растения-торфообразователи в сильно кислой среде разлагались значительно медленнее, чем в условиях слабокислой реакции торфогенного слоя. Потери ОВ тростника за три года составили в низинной залежи 56.4 %, а верховой только – 36.3 %; Потери ОВ осоки за три года были соответственно 58.4 и 25.6 %. Наибольшие потери ОВ в низинной залежи происходят в первый год, в последующие годы они значительно меньше, это обусловлено тем, что на начальных этапах разрушаются такие легко минерализуемые компоненты как углеводы и полипептиды, количество которых со временем убывает. Вместе с тем при одинаковых условиях кислотности, температуры и увлажнения магелланикум мох разлагался значительно медленнее, чем пушица. Возможно, что такая разница обусловлена наличием у данного мха антисептика сфагнола, однако это противоречит факту меньшей потери ОВ осоки (7.2 %) по сравнению со сфагновым мхом (11.8 %) в первый год опыта, хотя в осоке нет антисептиков, а в сфагновом мхе есть. Если бы была справедлива антисептическая гипотеза, то наименьшие потери ОВ должны быть у сфагнового мха.

Таблица 2

Потери ОВ при разложении отмерших растений-торфообразователей в торфогенном слое при разных значениях рН в условиях Березинского заповедника, %

Растения-торфообразователи	Продолжительность опыта, месяцы	Низинная залежь, рН_{КС1} 5.1	Верховая залежь, рН_{КС1} 2.8
Древесина ольхи	12	20.7 1.3	–
	24	32.0 1.9	–
	36	43.6 8.0	–
Листья ольхи	12	51.6 1.4	–
	24	57.2 2.1	–
Тростник	12	37.0 3.0	21.6 3.4
	24	45.4 1.8	33.4 2.1
	36	56.4 5.2	36.3 1.6
Осока	12	41.0 2.2	7.2 2.3
	24	51.1 3.1	17.8 2.7
	36	58.4 1.9	25.5 4.6
Мох	12	–	11.8 2.2
	24	–	18.9 1.5
	36	–	18.5 1.2
Пушица	12	–	17.8 2.2
	24	–	34.8 0.6
	36	–	47.9 3.9

Кроме этого, на экспериментальной базе Дукора выполнены многолетние полевые опыты по известкованию кислой торфяной почвы верхового типа, развивающейся на малоразложившемся сфагновом торфе [26]. В пахотный слой вносилась доломитовая мука в дозах, эквивалентных 5.3 и 15.9 т/га СаО, при этом величина рН_{КС1} пахотного слоя изменилась с 3.1 до 4.8 и 5.9 соответственно двум вышеуказанным дозам. Известкование активизировало деятельность организмов, разлагающих ОВ сфагнового торфа, что выражалось в увеличении темпов минерализации ОВ и измельчении волокнистой части торфяной почвы, но не приводило к увеличению степени разложения торфа. Это противоречие не может быть объяснено

с точки зрения активизации биологического фактора в разложении ОВ. Существует какая-то другая причина, сдерживающая рост степени разложения моховых видов торфа несмотря на активизацию биоты, разлагающей ОВ. Добавим лишь, что результаты этих опытов находятся в полном согласии с данными польских учёных [4, 24], описавших столетний опыт использования осушенной почвы, развивающейся на малоразложившемся моховом торфе.

Особенности геохимической среды, удачно объясняя роль разных уровней минерального питания в формировании разных болотных фитоценозов [14, 21], не позволяют объяснить величину степени разложения соответствующих им видов торфа, в частности, почему при одинаковых минеральном питании, величине рН и увлажнении фускум и сосновый виды торфа имеют столь большую разницу величине степени разложения.

Завершая анализ роли биологических факторов в разложении ОВ в болотной среде и учитывая ранее выполненный анализ гидротермической гипотезы [16, 17] необходимо отметить, что биологическим факторам принадлежит главная роль в разложении отмерших растений-торфообразователей. Деятельность биологических факторов регулируется условиями внешней среды – рН, температуры, аэрации, влажности, наличием элементов минерального питания, антисептиков и консервантов. С точки зрения действия биологических факторов при одинаковых условиях среды торфогенного слоя не представляется возможным объяснить большие различия в степени разложения пушицевого, фускум, магелланикум, соснового и сосново-сфагнового видов верхового торфа, а также гипнового, осокового, тростникового и древесного видов низинного торфа.

Невозможность объяснения разной степени разложения разных генетических видов торфа только условиями внешней среды, регулирующей деятельность биологических факторов разложения ОВ, обязывает искать причину этого в особенностях химического состава и структуры ОВ разных видов растений-торфообразователей, однако этот вопрос требует специального рассмотрения за рамками настоящей статьи.

Литература

1. Вернадский В.И. Химическое строение биосферы Земли и её окружения. М., 2001. 375 с.
2. Аристовская Т.В. Микробиология процессов почвообразования. Л., 1980. 187 с.
3. Козловская Л.С., Медведева В.М., Пьявченко Н.И. Динамика органического вещества в процессе торфообразования. Л., 1978. 172 с.

4. Okruszko H., Kazakiewicz A. Humifikacja i mineralizacja jako elementy skladowane procesu murszenia gleb torfowych. Zeszyty problemowe nauk rolnicznych. 1973. № 146. S. 63-67.

5. Орлов Д.С. Гумусовые кислоты почв. М., 1974. 334 с.

6. Орлов Д.С. Химия почв. М., 1985. 376 с.

7. Орлов Д.С., Бирюкова О.Н. Состав и свойства гумуса как функция биоклиматических условий // Доклады о гумусе /Сб. докл. Междунар. симпоз. Гумус и растение. Брно, 1979. Т. 1. С. 28–31.

8. Гришина Л.А. Гумусообразование и гумусное состояние почв. М., 1986. 244 с.

9. Дюшофур Ф. Основы почвоведения. Эволюция почв. М., 1970. 591 с.

10. Пономарева В.В., Плотникова Т.А. Гумус и почвообразование. Л., 1980. 222 с.

11. Кононова М.И. Органическое вещество почвы. М., 1963. 314с.

12. Бамбалов Н.Н. Некоторые выводы, вытекающие из опыта многолетнего использования торфяников в качестве почв в ПНР и ГДР. // Эволюция торфяных почв под влиянием осушительной мелиорации и ее последствия. Минск, 1983. С. 50-53.

13. Лиштван И.И., Король Н.Т. Основные свойства торфа и методы их определения. Минск, 1975. 320 с.

14. Пичугин А.В. Водно-минеральное питание торфяных месторождений // Химия и генезис твердых горючих ископаемых. М., 1953. С. 291–301.

15. Раковский В.Е., Пигулевская Л.В. Химия и генезис торфа. М., 1978. 231 с.

16. Бамбалов Н.Н. Гидротермическая гипотеза разложения органического вещества в болотной среде // Природные ресурсы. Минск. 2005. № 1. С. 44–52.

17. Бамбалов Н.Н. Анализ гидротермической гипотезы разложения органического вещества // Болота и биосфера / Сборник материалов Четвертой Научной Школы. Томск. 2005. С. 61–68.

18. Лукошко Е.С., Раковский В.Е. Влияние отдельных факторов на разложение растений-торфообразователей в торфогенном слое // Химия и генезис торфа и сапропелей. М., 1962. С. 3–11.

19. Туев Н.А. Микробиологические процессы гумусообразования. М., 1989. 239 с.

20. Белькевич П.И., Гайдук. К.А., Зуев Т.Т. и др. Торфяной воск и сопутствующие продукты. Мн., 1984. 232 с.

21. Раковский В.Е. Теории и факты в области происхождения торфов // Химия и генезис твердых горючих ископаемых. М., 1953. С.44–54.

22. Тюремнов С.Н. Торфяные месторождения. М., 1976. 478 с.

23. Шинкарёва Т.А. Разложение клетчатки в торфе из осушенных низинных торфяников // Проблемы использования торфа и торфяных месторождений в сельском хозяйстве. Мн., 1976. С. 23–34.

24. Piascik H. Changes of morphological and physical properties of peat due to deep drainage. Proc. of the 5th International Peat Congress. Poznan. 1976. V. 1, p. 304-314.

25. Кот Н.А. Всплывание торфа в искусственных водоемах. Минск, 1980. 160 с.

26. Брезгунов В.С., Бамбалов Н.Н. Изменение органического вещества верхового торфа под влиянием приемов первичного окультуривания // Мелиорация и использование осушенных земель. Мн., 1968. С 224–228.

Analysis of biological factors of organic substance decomposition in mires

N.N. Bambalov

Biological factors of decomposition of organic substance (OS) in virgin mires are two big groups of living organisms: many species of animals and microorganisms. Autolytic ferments may be as a third biological factor, but probably, this factor puts small deposit in decomposition of OS because of short time of its activity.

Despite of main role in decomposition of OS belongs to biological factors, their activity depends on environmental conditions – aeration, temperature, humidity, pH, elements of mineral nutrition, antiseptics and others. It is possible to give appropriate explanation for the speed of OS mineralization in peatlands by biological factors, but not possible to explain a big difference in degree of decomposition of the cotton grass-peat, piny-peat, piny-sphagnum-peat, as well as sedge, reed, hypnum-moss and woody kinds of peat. Impossibility of explanation of different value of degree of decomposition for different genetic kinds of peat only by biological factors and by environmental conditions in peatlands engages to look for the reason of that in peculiarities of OS chemical composition and structure of different species of peat forming plants.

Изучение геологической природы болот на основе степени трофности среды торфонакопления

Г.Л. Макаренко

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

Степень трофности среды торфонакопления в растительном покрове болотных ландшафтов определяют эвтрофный и олиготрофный типы растений-торфообразователей. В составе образующихся торфяных отложений выделены эвтрофная и олиготрофная группы остатков тканей растений-торфообразователей и разложившаяся растительная масса (степень разложения). На этой основе разработана генетическая классификация торфяных отложений и выявлены закономерности их состава и природных свойств. Разработана обобщенная модель стадий и этапов развития залежного слоя болот.

На примере болотных ландшафтов таежной зоны европейской территории России на основе степени трофности среды накопления и в соответствии с основными этапами и стадиями развития залежного слоя проведено геосистемное исследование генетической взаимосвязи состава и свойств торфяных отложений. Исследованию были подвергнуты болота таежной зоны: Максимково, Жарковский Мох, Чистик, Чембровское, Терелесово-Грядское (Тверская область), Рдейское (Псковская область), Неназванное, Долинное, Тверское (Карелия), Сытоминское и Усть-Кондинское (Тюменская область). Помимо анализа фондовых материалов и литературных данных, в статье были использованы отчетные и рукописные материалы различных экспедиций, результаты собственных полевых исследований и неопубликованных данных.

Методика исследований

В настоящее время существует проблема оценки фактического содержания растительных остатков в составе торфяных отложений, в соответствии с которой процентное покрытие растительными остатками поля зрения микроскопа, учитывающее разложившуюся растительную массу, определяет более полную характеристику торфяных отложений, а количественное соотношение компонентов позволяет рассматривать их как действительное, то есть в неискаженном виде (состав торфа = остатки тканей растительного волокна + разложившаяся растительная масса). Установление фактического содержания остатков тканей растений-

торфообразователей в торфе предлагается проводить тремя методами: расчетным, по номограмме и, для более ускоренного перевода информации в фактическое содержание, программно-алгоритмическим методом пересчета с использованием ЭВМ [1, 2]. За основные биогенные компоненты торфяных отложений, определяющие их состав и отражающие степень трофности среды торфонакопления, приняты: фактическое содержание сохранившихся растительных остатков эвтрофного типа Э; фактическое содержание растительных остатков олиготрофного типа О; содержание разложившейся растительной массы и остатков тканей растений-торфообразователей, утративших клеточное строение R (степень разложения торфа), которые в сумме составляют 100 %. На основе компонентного состава разработана генетическая классификация торфяных отложений [1]. Таксономические единицы классификации торфяных отложений (тип, группа, класс) устанавливаются в соответствии с характерными признаками (табл. 1).

Таблица 1

Основные признаки установления таксономических единиц генетической классификации торфяных отложений

Тип торфяных отложений	Группа			Класс					
	Э	СМЭ	РЭ	Эм	Эт	Эд	СМЭ	СМЭR	ЭR
Эвтрофный Э=100 % или Э>О	Э=50% и более	Э<50% О<50% R<50%	R=50% и более	Преобладающие группы остатков: моховая травяная древесная			Э>R	R>Э	R=50% и более
	О=50% и более	О<50% Э<50% R<50%	R=50% и более	Преобладающие группы остатков: моховая травяная древесная			О>R	R>О	R=50% и более

Примечание: Э – фактическое процентное содержание сохранившейся эвтрофной группы растительных остатков; О – фактическое процентное содержание сохранившейся олиготрофной группы растительных остатков; R – фактическое процентное содержание разложившихся растительных остатков (степень разложения).

Признаком установления эвтрофного (низинного) типа Э по компонентному составу принимается 100 % содержание эвтрофных растительных остатков или их преобладание над олиготрофными в составе торфяных отложений, а олиготрофного (верхового) типа О – 100 % содержание олиготрофных растительных остатков или их преобладание над эвтрофными. В каждом типе выделяются три группы: в эвтрофном – эвтрофная Э, смешанная эвтрофная СМЭ и гумифицированная эвтрофная РЕ; в олиготрофном – олиготрофная О, смешанная олиготрофная СМО и гумифицированная олиготрофная РО (см. табл. 1). Группы торфяных отложений делятся на классы (6 классов в каждом отдельно взятом типе). В эвтрофном типе и эвтрофной группе по преобладающему фактическому содержанию групп растительных остатков выделяются: эвтрофный моховой ЭМ, эвтрофный травяной ЭТ и эвтрофный древесный ЭД классы; в смешанной эвтрофной группе – смешанный эвтрофный СМЭ и смешанный эвтрофный гумифицированный СМЭР классы; в гумифицированной эвтрофной группе – эвтрофный гумифицированный ЭР класс (см. табл. 1). В олиготрофном типе и олиготрофной группе по преобладающему фактическому содержанию групп растительных остатков выделяются: олиготрофный моховой ОМ, олиготрофный травяной ОТ и олиготрофный древесный ОД классы; в смешанной олиготрофной группе – смешанный олиготрофный СМО и смешанный олиготрофный гумифицированный СМОР классы; в гумифицированной олиготрофной группе – олиготрофный гумифицированный ОР класс (см. табл. 1).

В общем виде процесс болотообразования и торфонакопления начинается с эвтрофной стадии развития (табл. 2), при котором откладываются торфяные отложения, нацело состоящие из эвтрофных растительных остатков Э ($\text{Э}=100\%$ – первый этап эвтрофной стадии развития). В последующем в его составе появляются олиготрофные растительные остатки О при доминирующем содержании эвтрофных Э ($\text{Э}>\text{О}$ – второй этап эвтрофной стадии развития). На определенном этапе наступает переломный момент (выделяется горизонтальный контакт), при котором залежный слой из эвтрофной стадии развития переходит в олиготрофную стадию развития и в составе торфа начинают доминировать олиготрофные растительные остатки О ($\text{Э}<\text{О}$ – первый этап олиготрофной стадии развития). На завершающем этапе развития залежного слоя торфяные отложения уже нацело состоят из олиготрофных растительных остатков О ($\text{О}=100\%$ – второй этап олиготрофной стадии развития). На границе установленного контакта устанавливается группа торфяных отложений в эвтрофной стадии развития (нижняя часть контакта) и в олиготрофной стадии развития (верхняя часть контакта), выявляется тип контакта. Всего на основе компонентного состава торфяных отложений возможно выделение 9 типов контактов.

Таблица 2

*Обобщенная модель стадий и этапов развития
современного болотообразовательного процесса
и процесса торфонакопления на основе компонентного состава
торфяных отложений [1, 3]*

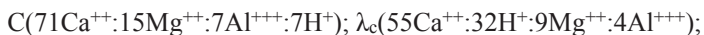
Динамическая часть залежного слоя – единовременная среда произрастания болотной растительности и среда активного неполного разложения отмершей растительной массы					
Соотношение остатков в торфе	Стадии и этапы развития собственно залежного слоя	Основная характеристика торфяных отложений			
O = 100 %	Второй этап олиготрофной стадии развития	Основная подвижная форма катионов во внутриводном растворе – катион H^+			
O > Э	Первый этап олиготрофной стадии развития ОЛИГОТРОФНАЯ СТАДИЯ РАЗВИТИЯ	<i>Основные группы торфяных отложений на основе их компонентного состава:</i> гумифицированная олиготрофная R_O смешанная олиготрофная CM_O олиготрофная O			
<i>ГРАНИЦА ПЕРЕХОДА</i>		<i>Основные группы контактов</i> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 33%;">ПЕРВАЯ $R_{Э} - R_O$ $R_{Э} - CM_O$ $R_{Э} - O$</td> <td style="width: 33%;">ВТОРАЯ $CM_{Э} - R_O$ $CM_{Э} -$ CM_O $CM_{Э} - O$</td> <td style="width: 33%;">ТРЕТЬЯ $Э - R_O$ $Э - CM_O$ $Э - O$</td> </tr> </table>	ПЕРВАЯ $R_{Э} - R_O$ $R_{Э} - CM_O$ $R_{Э} - O$	ВТОРАЯ $CM_{Э} - R_O$ $CM_{Э} -$ CM_O $CM_{Э} - O$	ТРЕТЬЯ $Э - R_O$ $Э - CM_O$ $Э - O$
ПЕРВАЯ $R_{Э} - R_O$ $R_{Э} - CM_O$ $R_{Э} - O$	ВТОРАЯ $CM_{Э} - R_O$ $CM_{Э} -$ CM_O $CM_{Э} - O$	ТРЕТЬЯ $Э - R_O$ $Э - CM_O$ $Э - O$			
Э > O	Второй этап эвтрофной стадии развития	Основная подвижная форма катионов во внутриводном растворе – катион Ca^{++}			
Э = 100 %	Первый этап эвтрофной стадии развития ЭВТРОФНАЯ СТАДИЯ РАЗВИТИЯ	<i>Основные группы торфяных отложений на основе их компонентного состава:</i> гумифицированная эвтрофная $R_{Э}$ смешанная эвтрофная $CM_{Э}$ эвтрофная $Э$			
Минеральная геологическая среда на основе природных геологических процессов и явлений – лимно-гляциальные, лимногенные и аллювиальные отложения (пески, супеси, суглинки, глины, илы, сапропели), трещиноватые породы и т. д.					

Типы горизонтального контакта в залежном слое болот были объединены в три группы: первая группа RЭ–RO; RЭ–СМО; RЭ–О (нижняя часть контакта сложена гумифицированным эвтрофным торфом); вторая группа СМЭ–RO; СМЭ–СМО; СМЭ–О (нижняя часть контакта сложена смешанным эвтрофным торфом); третья группа Э–RO; Э–СМО; Э–О (нижняя часть контакта сложена эвтрофным торфом).

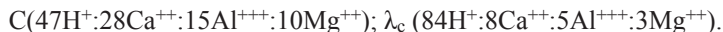
Результаты исследований

На основе установления в составе торфяных отложений процентного соотношения средних значений концентрации C и активности в растворе λ_c свободных катионов кальция Ca^{++} , магния Mg^{++} , алюминия Al^{+++} , водорода H^+ было выявлено, что основными катионами внутриводного раствора торфяных отложений являются катионы кальция Ca^{++} или катионы водорода H^+ [1]. Это подтверждают и результаты исследований гидрохимического состава болотных вод торфяников Западной Европы [4]. При этом учитывалась активность подвижных форм катионов кальция Ca^{++} и водорода H^+ при бесконечном разбавлении λ_∞ , которая у катионов водорода почти в шесть раз превосходит катионы кальция [5]. Процентное соотношение катионов по концентрации C и активности во внутриводном растворе $\lambda_c = \lambda_\infty \cdot C$ для торфяных отложений выразилось в следующих пропорциях (%):

1) торфяные отложения нацело сложенные эвтрофными растительными остатками или последние преобладают над олиготрофными (обогащенный водно-минеральный режим торфонакопления):

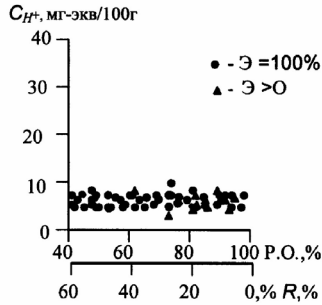
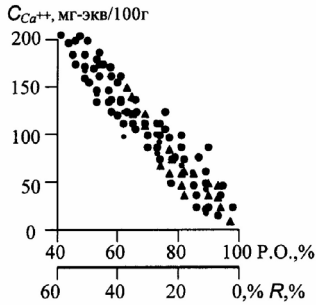


2) торфяные отложения нацело сложенные олиготрофными растительными остатками или последние преобладают над эвтрофными (обедненный водно-минеральный режим торфонакопления):

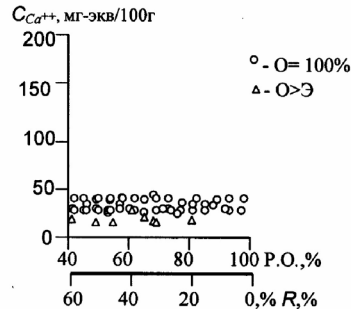
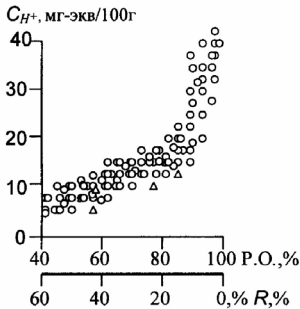


Была оценена и проанализирована взаимосвязь концентрации основных подвижных форм катионов в молекулярной (истинной) составляющей внутриводного раствора с фактическим процентным содержанием растительных остатков в составе торфа (рис.).

Для торфяных отложений, которые по ботаническому составу нацело сложены эвтрофными растительными остатками или последние преобладают над олиготрофными ($\mathcal{E}=100\%$ или $\mathcal{E}>0$) с повышением их общего фактического содержания – во внутриводном растворе отмечается повышение концентрации катионов кальция при постоянстве концентрации катионов водорода. Для торфяных отложений, которые по ботаническому



СОСТАВ ТОРФЯНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ	УРАВНЕНИЕ СВЯЗИ	ПРИМЕЧАНИЕ
Нацело сложены эвтрофными растительными остатками (•) или последние преобладают над олиготрофными (▲) (Э=100% или Э>0)	$C_{Ca^{++}} = 460 - 4,6 \cdot P.O.$ $C_{H^+} = f(P.O.)$ $C_{H^+} - const$ Связь отсутствует	$C_{Ca^{++}}$ - концентрация катионов кальция Ca^{++} ; P.O. - процентное содержание растительных остатков в торфе; C_{H^+} - концентрация катионов водорода H^+



СОСТАВ ТОРФЯНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ	УРАВНЕНИЕ СВЯЗИ	ПРИМЕЧАНИЕ
Нацело сложены олиготрофными растительными остатками (○) или последние преобладают над эвтрофными (△) (O=100% или O>Э)	$C_{H^+} = 0,11 \cdot P.O. + 2,0$ $C_{H^+} = 5,8 \cdot P.O. - 512$ $C_{Ca^{++}} = f(P.O.)$ $C_{Ca^{++}} - const$ Связь отсутствует	$C_{Ca^{++}}$ - концентрация катионов кальция Ca^{++} ; P.O. - процентное содержание растительных остатков в торфе; C_{H^+} - концентрация катионов водорода H^+

* R - степень разложения торфяных отложений, %

** P.O. - фактическое процентное содержание растительных остатков в торфе, %

*** C - концентрация основных подвижных форм катионов по Л.О. Карпачевскому, (мг-экв/100 г а.с.в.)

Рис. Корреляционная зависимость фактического процентного содержания растительных остатков с концентрацией основных подвижных форм катионов истинной составляющей внутритрофического раствора торфяных отложений.

Таблица 3

Осредненная характеристика свойств торфяных отложений различной таксономической единицы генетической классификации на основе степени трюфности среды торфонакопления

Класс торфяных отложений	Общетехнические свойства				Агрохимические свойства, %							Физико-химические свойства, мг-экв/100 г		
	R ₃ , %	W, %	A _C , %	pH _c	S	CaO	MgO	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	Ca ⁺⁺	H ⁺	Mg ⁺⁺	Al ⁺⁺⁺	
Эвтрофный тип торфяных отложений														
<i>Гумифицированная эвтрофная группа RЭ</i>														
ЭR	53	80.1	25.4	3.6	0.31	1.51	0.44	1.8	0.83	34.5	8.3	6.5	21.1	
Смешанная эвтрофная группа СМЭ														
СМЭR	42	86.3	4.2	3.55	0.27	2.2	0.22	0.19	0.31	85.3	9.5	11.3	1.7	
СМЭ	23	89.1	1.63	3.6	0.15	0.57	0.25	0.12	0.13	29.3	18.4	11.3	2.4	
Среднее по группе	32.5	87.7	2.9	3.6	0.21	1.4	0.24	0.16	0.22	57.3	13.9	11.3	2.1	
Эвтрофная группа Э														
ЭД	43	85.0	8.9	5.6	0.26	0.93	0.24	1.7	0.36	43.0	2.02	14.2	2.7	
ЭТ	34	88.0	8.7	5.3	0.37	1.37	0.54	0.82	0.59	36.9	3.33	14.3	2.3	
ЭМ	22	88.0	8.1	4.7	0.25	1.53	0.79	0.42	0.57	26.9	5.72	13.8	2.3	
Среднее по группе	33	87.0	8.6	5.2	0.29	1.28	0.52	0.98	0.51	35.6	3.69	14.1	2.4	
Среднее по типу	40	84.9	12.3	4.1	0.27	1.4	0.4	0.98	0.52	42.5	8.62	10.6	8.5	

Продолжение таблицы 3

Осредненная характеристика свойств торфяных отложений таксономических единиц генетической классификации на основе степени трофности среды торфонакопления

Класс торфяных отложений	Общетехнические свойства				Агрохимические свойства, %							Физико-химические свойства, мг-экв/100 г		
	R, %	W, %	A _C , %	pH _c	S	CaO	MgO	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	Ca ⁺⁺	H ⁺	Mg ⁺⁺	Al ⁺⁺⁺	
Олиготрофный тип торфяных отложений														
<i>Гумифицированная олиготрофная группа R₀</i>														
OR	53	83.0	7.33	3.6	0.15	0.5	0.14	0.20	0.11	23.8	12.2	6.3	8.8	
<i>Смешанная олиготрофная группа CМ₀</i>														
CMOR	47	86.0	3.74	3.4	0.18	0.79	0.07	0.23	0.33	25.8	22.4	9.3	12.7	
CMO	25	90.5	2.65	3.1	0.2	1.14	0.35	0.23	0.33	46.0	2.3	7.5	10.9	
Среднее по группе	36	88.2	3.2	3.3	0.19	0.96	0.21	0.23	0.33	35.9	12.4	8.4	11.8	
<i>Олиготрофная группа O</i>														
OD	43	82.0	3.35	3.4	0.12	0.39	0.11	0.23	0.10	16.0	17.2	9.0	11.2	
OT	40	87.0	2.38	3.2	0.13	0.37	0.14	0.14	0.07	10.5	13.1	4.6	10.7	
OM	21	91.0	2.68	3.1	0.13	0.58	0.25	0.18	0.13	14.4	17.5	7.5	8.7	
Среднее по группе	34.7	86.7	2.8	3.2	0.13	0.45	0.17	0.18	0.10	13.6	15.9	7.0	10.2	
Среднее по типу	41.2	86.0	4.4	3.4	0.16	0.64	0.17	0.20	0.18	24.4	13.5	7.2	10.3	

Таблица 4

Среднезалежная характеристика свойств торфяных отложений болот
в соответствии с грунтами горизонтального контакта

Контакт- ная группа	Общетехнические свойства				Агрохимические свойства, %						Физико-химические свойства, мг-экв/100 г			
	R, %	W, %	A ^c , %	pH _c	S	CaO	MgO	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	Ca ⁺⁺	H ⁺	Mg ⁺⁺	Al ⁺⁺⁺	
Первая	42.0	86.9	3.6	3.3	0.2	0.96	0.15	0.22	0.19	33.3	25.0	9.5	13.9	
Вторая	34.0	88.8	2.4	3.3	0.2	0.5	0.15	0.18	0.13	21.5	17.0	7.7	11.1	
Третья	22.0	91.1	3.0	3.4	0.17	0.78	0.19	0.18	0.16	23.8	6.2	7.6	7.9	

нацело сложены олиготрофными растительными остатками или последние преобладают над эвтрофными ($O=100\%$ или $O>\Xi$), с повышением их общего фактического содержания – во внутриводном растворе отмечается повышение концентрации катионов водорода при постоянстве концентрации катионов кальция.

Были получены закономерности свойств торфяных отложений таксономических единиц генетической классификации (табл. 3). Оценена относительная встречаемость (%) групп горизонтального контакта перехода залежного слоя болот из эвтрофной стадии развития в олиготрофную, по которой наиболее часто в природе встречается третья группа контактов (58 %) по сравнению с первой (8 %) и второй (34 %). Выявлено, что каждая из групп отражает обстановку и режим процесса торфонакопления, закономерности изменения мощности и стратиграфии залежи, состава и природных свойств отложений (табл. 4); обнаруживает генетически унаследованную взаимосвязь с растительным покровом болот [3, стр. 22–43].

Заключение

Проведенными исследованиями установлено, что совокупность условий развития болот на основе степени трофности среды торфонакопления и ход смены этих условий могут быть чрезвычайно разнообразны. Каждый из этапов развития, независимо от стадии, отражает природные условия наиболее длительного периода их существования в рамках геологического времени и решающим образом определяет качественные характеристики торфяных отложений залежи, ее эксплуатационное значение и генеральное направление рационального использования.

Литература

1. Макаренко Г.Л. Геология торфяных месторождений. Тверь, 2001. 216 с.
2. Макаренко Г.Л., Шадрин Н.И. Основы биогеоценологии болот (геологический аспект): Учебное пособие. Тверь, 1999. 162 с.
3. Макаренко Г.Л. Оценка ресурсного потенциала природных объектов на примере Тверской области. Тверь, 2004. 148.

Study of the geological nature of peat deposits based on trophicity degree of peat accumulation environment

G.L. Makarenko

Trophicity degree of peat accumulation environment in the peat deposit cover determines eutrophic and oligotrophic types of helads forming peat. Peat deposits are formed of eutrophic and oligotrophic groups of remaining plant residues and decomposed vegetative mass (degree of decomposition). The genetic classification of peat deposits was developed based on it, and patterns of natural properties were revealed. The generalized chart was drawn showing development stages of the peat deposit long-fallow layer. Three groups of horizontal contact-transformation of the long-fallow layer at the eutrophic development stage moving onto the oligotrophic stage were marked out, their relative frequency of occurrence was evaluated, and average indicators of natural properties of peat deposit long-fallow layer for each group were given.

Связь болотообразования и торфонакопления с колебаниями уровня моря в четвертичном периоде

В.В. Панов

Тверской государственный технический университет, г. Тверь,
vvpanov@tvcom.ru

В работе представлены аналитические материалы по приросту торфяного покрова в четвертичном периоде. Этот процесс имеет колебательный характер, отражающий глобальные климатические изменения, колебания уровня моря и земной поверхности, эндогенные процессы Земли.

Эндогенные процессы Земли предопределили содержание и состав газов атмосферы. В совокупности с осадконакоплением и параллельно с эволюцией органического мира они приобрели черты единого саморегулирующего процесса, основу, которого составляет функционирование живых организмов. Например, растения реагируют на изменение количества CO₂ в атмосфере интенсивностью его потребления [1]. В результате в периоды интенсивной вулканической деятельности площадь торфонакопления могла значительно сокращаться [2]. Или, кислород атмосферы в основном формируется на 80 % фитопланктоном [2] и поэтому эпохам максимального продуцирования фотосинтетического кислорода должны соответствовать эпохи морских трансгрессий [3], способствующие увеличению суммарной биомассы в морях. Очередное быстрое уменьшение скорости торфоуглеакоп-

ления, начинающееся во второй половине неогена, по-видимому, также связано с постепенно поднимающейся поверхностью почти всех материков [2].

Продолжающаяся эволюция Земли вызывает постоянное обновление условий саморегуляции газового состава атмосферы. Поэтому характер растительного покрова, газовый состав атмосферы и природных вод в общем развитии имеют синхронный колебательный характер. В фанерозое колебания интенсивности торфонакопления неоднократно менялись в соответствии с колебательным характером течения эндогенных процессов.

Попытка выявить связь торфонакопления и болотообразования с колебаниями уровня моря представляется достаточно обоснованной, но до настоящего времени не было установлено более или менее подробной корреляции этих процессов.

Эволюция органического мира и переход жизни на сушу интенсифицировали процессы захоронения Сорг в континентальных водоемах (реках, озерах и болотах) в сравнении с его морским захоронением [4]. И для современных болот величина ежегодно захороняемого органического вещества поднялась до 16 % от первичной биомассы [5]. Постоянно нарастающее значение аккумулированного органического вещества суши отражает черты эволюции газодинамической модели Земли, позволяющей прогнозировать перспективные события природного или экосферного процессов.

Современные торфяные болота являются одним из основных регуляторов содержания и состояния соединений углерода в атмосфере. На рисунке 1 представлена аналитическая диаграмма, полученная А.Л. Медведевым по литературным и фондовым материалам и показывающая значение торфяных отложений в годичном круговороте углерода.

За основу ее составления взята ландшафтная карта Тверской области без учета антропогенного развития территории. По каждому компоненту ландшафта (растительность, почва, торф, сапрпель, геологические отложения) рассчитывались показатели динамики (прирост, опад, эмиссия из почвы, вынос с речными водами, осадки) и аккумуляции углерода (биомасса, истинный прирост, запас в почве, торфе и сапрпеле, аккумуляция в торфе и сапрпеле). Затем, эти показатели рассчитывались по группам ландшафтов, выделенным по степени увлажнения (дренируемые ландшафты с высокобогитетными лесами на дерново-подзолистых почвах, замедленно дренируемые с лесами среднего бонитета на дерново-подзолисто-глеевых почвах, недренируемые с низкобогитетными лесами на торфяно-подзолистых глеевых почвах, болотные ландшафты, пойменные ландшафты с луговой растительностью на аллювиальных дерново-глеевых почвах, озера), на единицу площади. Далее составлялись количественные модели по каждой группе ландшафтов и каждому ландшафтному району соответственно их площадям.

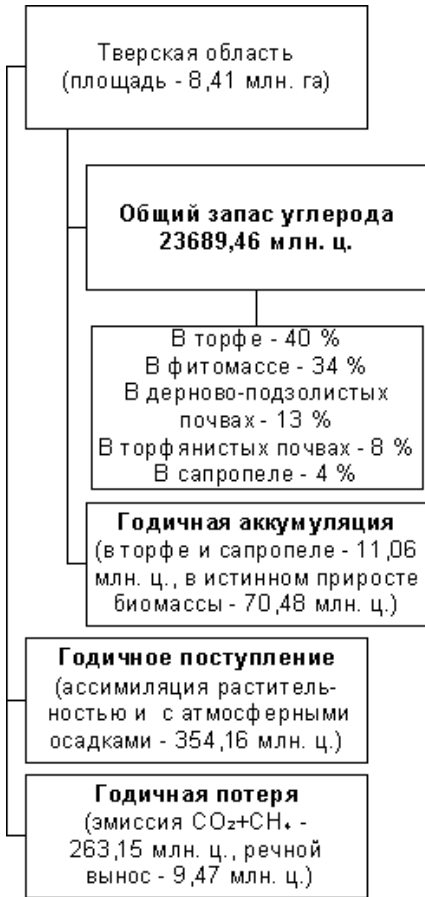


Рис. 1 Сводная модель реконструкции содержания и динамики углерода для Тверской области (массы и потоки менее 1 % не учитывались, а менее 2 % не включены в диаграмму как самостоятельные).

На рисунке 1 приведены данные сводной модели содержания и динамики углерода в целом для Тверской области до ее освоения. В настоящее время условно сохраняется преобладание аккумуляции торфяных и сапропелевых отложений над их минерализацией и речным выносом. Условность этой модели определяется ситуацией, в которой приходная доля углерода превышает долю расхода из-за того, что в исходных данных по условиям задачи лесная растительность покрывает почти всю территорию области, а климат приближен к современному. Следует ожидать, что при построении модели современной пространственно-временной динамики углерода, возрастет доля годичной аккумуляции торфа и сапропеля, снизится доля запаса углерода в фитомассе, возрастет доля эмиссии углерода в атмосферу. И в общем балансе углерода значение болот таежной зоны, как стабилизатора газового баланса атмосферы, будет возрастать.

Состав болотной флоры в плейстоцене был близок к современному [6], но резко отличался от плиоценовой. На смену евтрофным лесным болотам в плейстоцене получили распространение травяные и гипновые. Все немногочисленные отложения, образованные 770-500 тыс. лет назад определяют-

ся как озерные седименты. Редко встречающиеся слои торфа – гипновые с олиготрофными «элементами». Этому способствовал субтропический климат [7]. В отложениях торфа лихвинского межледниковья (370-270 тыс. лет) преимущественно озерно-болотного происхождения преобладает гипновый

торф. Тростниковые и осоковые торфа встречаются редко. В единцовский интергляциал (220-190 тыс. лет) климат был более холодный и континентальный, чем современный [8]. В торфяниках на смену сфагновому появляется гипновый торф. Верховые виды торфа небольшой мощности и площади стали формироваться только в микулинское межледниковье (110-70 тыс. лет) [6].

Микулинский интергляциал [8] представлен в основном низинными древесными, осоково-древесными и гипновыми торфами. В нижней части залежи в гипновом торфе встречаются семена водных растений. Изменения климата микулинского межледниковья проходило по следующим периодам: 1 – холодный и влажный; 2 – теплый с интенсификацией торфонакопления; 3 – холодный и влажный [9]. Суммарная мощность погребенного торфа составляет для европейской части России 0.7-2.5 м (до 10 м). В результате с учетом исходной влажности торфяной залежи прирост торфяной залежи будет в среднем в два раза меньше современного. В центральных районах Русской равнины фитогеографические и климатические этапы микулинского межледниковья и голоцена согласуются с нарастанием температур, вызывавших деградацию покровного оледенения [10]. И в целом микулинская стадия теплее и «океаничнее», чем голоценовая.

Отложения микулинского времени обладают более «теплым» обликом в сравнении с отложениями брянского (молого-шекснинского) интергляциала (30-24 тыс. лет), который делится на пять климатических фаз. Первая вспышка тепла близкая по своим параметрам к аллереду. Последующее похолодание – тундра в центральной части России. Третий этап – потепление и увлажнение, превышающие значения современного климата, но уступающий микулинскому времени. Новое похолодание – фрагментарная тундра по болотистым низинам до уровня Вологды.

Главными особенностями послетретичной исторической эпохи являются похолодание, увеличение влажности, смена эдификаторов в растительном покрове, прежде всего, лесных формаций на мезо-гидрофильные моховые, которые способны вызвать заболачивание суходольной поверхности [7]. В голоцене уже преобладают олиготрофные болота суходольного происхождения, в которых наблюдается максимальный прирост торфа в год за всю историю Земли благодаря моховым сфагновым сообществам.

Анализ оригинальных и литературных результатов [10-16] по приросту торфяников показал, что закономерности этого процесса отражают многофакторность образования торфяных отложений. В целом при движении с севера на юг первичная продуктивность болот растет соответственно теплообеспеченности, а параллельно растет активность деструкторов этой продукции [17]. Можно предположить, что существующий в литературе разнотенный данных по приросту торфяников частично определяется методи-

ческими особенностями отбора и анализа, а также влиянием на прирост торфяных отложений местных факторов, хотя в итоге результат их действия также связан с общими климатическими изменениями. Обобщенные литературные данные о приросте торфа приведены в таблице 1.

Таблица 1

Прирост торфяных отложений в европейской части России в голоцене

Климатические фазы голоцена	Средний линейный прирост торфа по природным зонам, мм/год			
	Северная тайга	Средняя и южная тайга	Смешанные леса	Лесостепь и степь
SA	0.7	0.5	0.3	0.3
SB	0.55	0.4	0.4	0.8
AT	1.0	0.5	0.6	0.5
BO	1.3	1.3	0.8	0.8
PB	-	0.5	0.7	1.0

По данным таблицы 1 можно отметить, что средний прирост торфяного покрова равен около 0.7 мм/год. В таблице не учитывались экстремальные значения, минимальное и максимальное значения которых может составлять соответственно от 0.01 мм/год до 2.5 мм/год. В целом максимальная скорость торфонакопления отмечена на ранних стадиях развития болот – в бореале (BO) и меньше – в Атлантике (AT) и еще меньше за последние 4.5 тыс. лет. Это объясняется тем, что на первых стадиях развития болот шло заполнение понижений рельефа без значительного роста площади болот, а в последующем горизонтальный рост болот снизил их вертикальный прирост [12]. В то же время в южной половине европейской части России процессы расширения болот и уменьшение их прироста связано с гидрологическим балансом этих болот. Например, в жизни каждого болота существует некоторый уровень, выше которого болото либо выгодает, либо подвергается самопроизвольной эрозии [14].

Развитие процесса заболачивания поверхности в голоцене на европейской части России достигло максимума (до 30–40 %) в зоне северной тайги [18]. Для этой зоны [12] между временем голоцена и процентом заторфованности поверхности почти линейная зависимость, а кривая интенсивности заболачивания имеет сложный характер, но в целом обратный проценту заторфованности.

Следует ожидать, что к югу величина заболачивания поверхности за голоцен будет уменьшаться до и менее одного процента в связи с тем, что

южные болота практически не образуют торфяного покрова за пределами первоначальной впадины. Потому что в их развитии по-прежнему большую роль играет грунтовое питание. Кроме того, в лесостепной и степной зоне оптимальные условия для расширения болот были в атлантической фазе голоцена (АТ) [11, 14, 15] (рис. 2).

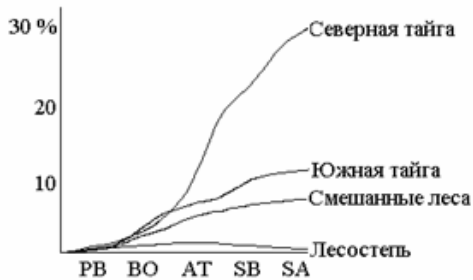


Рис. 2. Процент заторфованности территории по фазам голоцена.

Таким образом, с ростом торфяника его вертикальный линейный прирост, как правило, снижается за счет расширения его площади. Как видно на рисунке 2 этот процесс дополняется климатическим фактором – теплообеспеченностью. В целом соотношение заторфованности и заболоченности территории европейской части России по разным оценкам составляет от 3:1 до 1:1 [19].

Зависимость между колебаниями уровня моря и торфообразовательным процессом в голоцене представлена в таблице 2.

Данные по колебанию уровня Черного моря в голоцене взяты из работы [20]. Однако время существования новоэксинской регрессии показано условно с точностью 1-2 тысячелетий. Это связано с неоднозначностью ранней границы голоцена. В данном случае используются данные Н.А. Хотинского – интервал голоцена равен 12 тыс. лет, а временной интервал – РВ от 10 500 лет до 9000 лет [16].

Если воспользоваться данными по приросту торфов в голоцене, то можно предположить прирост торфяников и его характер в четвертичном периоде, учитывая климатические изменения. Прирост гипновых торфов – 0.8 мм/год, древесных низинных – 0.5, травяно-моховых низинных – 0.7, сфагновых – 0.9 [12]. Эти данные отражают не только условия появления конкретных группировок, но и климатическую обусловленность процессов деструкции органического вещества. Поэтому, учитывая, что климат голоцена в целом более суровый и опираясь на данные о мощности торфяных отложений интерстадиалов можно предположить, что с увеличением

Таблица 2

Связь колебаний уровня моря с приростом торфа

Климатические фазы голоцена	Черноморские трансгрессии–регрессии	Средний линейный прирост торфяников лесостепи и степи европейской части России и Украины
SA	Нимфейская трансгрессия	0.3 мм/год
SB	Фанагорийская регрессия	0.8 мм/год
AT	Новочерноморская трансгрессия	0.5 мм/год
BO	Древнечерноморская трансгрессия	0.8 мм/год
PB	Новоэксинская регрессия	1.0 мм/ год

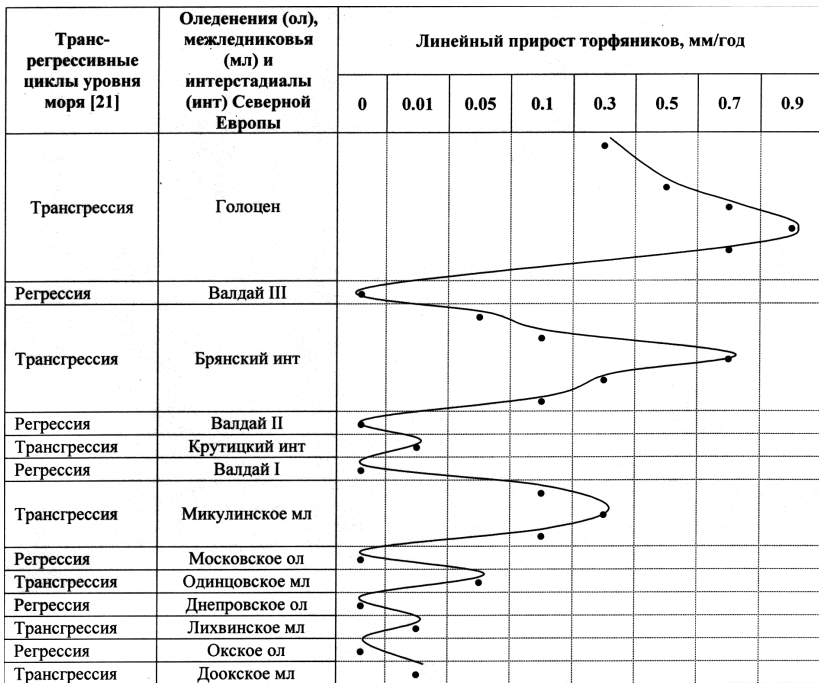


Рис. 3. Связь между торфообразовательным процессом и колебанием уровня Черного моря в четвертичном периоде.

времени образования торфяных отложений величина линейного прироста торфа уменьшается. В результате можно получить следующую аналитическую зависимость (рис. 3).

Связь между трансгрессиями и регрессиями с одной стороны и приростом торфяников с другой, достаточно явная. Если ее можно объяснить для четвертичного периода (см. рис. 3) как соответствие уровня моря и климатических показателей, то для голоцена эта связь как бы обратная. Это связано с тем, что в голоцене косвенно учитывается рост одного и того же торфяника, в котором замедление роста связано с формой минерального рельефа, на котором он развивается. Поэтому характер связи колебаний уровня моря с болотообразованием и торфонакоплением на разных интервалах времени может быть различным. Кроме того, на характер этой связи большую роль может иметь колебание уровня северных морей, формирующих влажные и теплые воздушные массы, под воздействием атлантического океана.

Таким образом, как следовало ожидать, связь между колебаниями уровня Черного моря и интенсивностью болотообразовательного и торфообразовательного процессов проявляется благодаря наличию связи климатических изменений и колебаний уровня моря. Вместе с тем, развитие процессов аккумуляции органического вещества на суше ведет к формированию обратных связей – обеднению воздушного резервуара углеводородными компонентами. Кроме того, можно предположить, что развитие болот и накопление торфа могут оказывать влияние на напряжения в литосфере.

Литература

1. Костицын В.А. Эволюция атмосферы, биосферы и климата. М., 1984. 96 с.
2. Егоров А.И. Глобальная эволюция торфоуглеакопления. Ростов на Дону, 1992. 320 с.
3. Бгатов В.И. История кислорода земной коры. М., 1985. 87 с.
4. Страхов Н.М. Типы литогенеза и их эволюция в истории Земли. М., 1963. 535 с.
5. Козловская Л.С., Медведева В.М., Пьявченко Н.И. Динамика органического вещества в процессе торфообразования. Л., 1978. 176 с.
6. Богдановская-Гиенейф И.Д. О болотах плейстоцена // Ботанический журнал. 1972. № 6. Т. 57. С. 615–622.
7. Величко А.А. Природный процесс в плейстоцене. М., 1973. 256 с.
8. Москвин А.И. Вюрмская эпоха (неоплейстоцен) в Европейской части СССР. М., 1950. 240 с.
9. Скобеева Е.И., Хмырова Н.П. Ботаническая характеристика погребенного торфа Европейской части СССР // Изучение торфяного сырья и сапропеля. М., 1970. С. 82–116.

10. Хотинский Н.А. Голоцен Северной Евразии. М., 1977. 200 с.
11. Артюшенко А.Т. К вопросу о возрасте болот лесостепи и степи Украины // Природа болот и методы их исследования. Л., 1967. С. 95–98.
12. Елина Г.А., Кузнецов О.Л., Максимов А.И. Структурно-функциональная организация и динамика болотных экосистем Карелии. Л., 1984. 128 с.
13. Нейштадт М.И. Стратиграфия торфяных месторождений в свете данных абсолютного возраста // Природа болот и методы их исследования. Л., 1967. С. 90–95.
14. Пьявченко Н.И. Торфяники Русской лесостепи. М., 1958. 191 с.
15. Хмелев К.Ф., Онищенко Л.В. Генезис и возраст болот Центрального Черноземья // Генезис и динамика болот. М., 1978. Вып. 1. С. 189–193.
16. Шеляг-Сосонко Ю.Р., Безусько Л.Г. Дубовые леса малого полесья в позднеледниковье. // Ботанический журнал, 1984. Т. 71. № 4. С. 542–549.
17. Вомперский С.Э. Роль болот в круговороте углерода // Чтения памяти академика В.Н. Сукачева / XI: Биогеоэцотические особенности болот и их рациональное использование. М., 1994. С. 5–37.
18. Торфяные ресурсы мира. М., 1988. 383 с.
19. Пьявченко Н.И. Лесное болотоведение. М., 1963. 192 с.
20. Щербакова Е.М. Четвертичная геология СССР. М., 1968. 156 с.
21. Чепалыга А.Л. Детальная событийная стратиграфия плейстоцена Черного моря // Четвертичная геология и палеогеография России. М., 1997. С. 196–201.

The relationship of the development mires and peatlands with fluctuations sea level in Q-period

V.V. Panov

Analytical material are presented in work on increase of the peat cover in Q-period. This process has an oscillatory nature, reflective global climatic change, sea level and terrestrial surface fluctuations, internal processes of the Land.

Заболачивание на Западно-Сибирской равнине

Л.И. Инишева

Томский государственный педагогический университет,
СибНИИСХиТ СО РАН, г. Томск, inisheva@mail.ru

Рассмотрена активность процесса заболачивания на Западно-Сибирской низменности в период голоцена и по настоящее время.

Исследованиями установлено, что начальное развитие болотообразования на Западно-Сибирской равнине относятся только к голоцену и, согласно М.И. Нейштадту [1], его возрастной предел находится между 10-12 тыс. лет. Самое древнее отложение на территории Западной Сибири оценено в 9900 ± 100 лет [2].

Начало торфообразования совпало со сменой лесотундры елово-лиственничными лесами, соответствующими современному северо-таежному ландшафту. С этого времени процессы заболачивания и отложения торфа на территории Западно-Сибирской равнины не прекращались. В этот период голоцена (продолжительность около 3000 лет) на территории господствовал климат северной тайги.

За этим периодом начался второй, когда в составе лесов преобладала береза, что соответствовало ландшафту современной подзоны лиственных лесов. То есть происходило постепенное потепление от раннего голоцена к среднему. Массовое развитие болот относится к началу атлантического периода, характеризующегося самыми оптимальными климатическими условиями для процесса торфообразования. В это время на большинстве болот Западной Сибири определилась сфагновая стадия развития и началось слияние первоначальных центров заболачивания в обширные болотные экосистемы. В атлантический период отмечается формирование и уникального Васюганского болота. Так, по радиоуглеродным данным, возраст нижних слоев этого месторождения определяется в 9000 лет. Изначально Васюганское болото занимало площадь 4500 тыс. га и представляло из себя 19 отдельных участков с мощностью залежи более 0.7 м (их площадь достигала 3600 тыс. га) и 900 га - это были мелкозалежные участки с мощностью торфа менее 0.7 м [3].

В два последних периода, длившихся около 5000 лет, была характерна растительность подзоны средней тайги, т.е. отмечалось некоторое похолодание.

Нейштадтом М.И. прослежена скорость процесса заболачивания на примере торфяного болота Бакчарское (Томская область) (табл. 1).

Согласно этим результатам отмечается уменьшение заболачиваемой площади за последние 2000 лет. На самом же деле процесс заболачивания

ни в коей мере не затухает. Уменьшение процента заболачиваемой площади связано с распространением болота за пределы самого болота на прилегающую территорию. Такая закономерность характерна для всей территории Западно-Сибирской равнины. Так образовались огромные торфяные болота: Лайменское (502 км²), Салымо-Юганское (739 км²), Васюганское (53 тыс. км²). На основании данных по Бакчарскому болоту была подсчитана скорость заболачивания на всей территории Западно-Сибирской равнины (табл. 2) и отмечаемое снижение величины заболачиваемой площади за последние 2000 лет также объясняется приближением болот к хорошо дренируемым участкам территории.

Таблица 1

Развитие процесса заболачивания [1]

Мощность торфяной залежи, м	Время, число лет тому назад	Заболоченная площадь		Площадь, заболачиваемая за год, га
		га	% общей площади участка	
4	9000-8000	3200	1.4	3.2
4-3	8000-6000	33500	14.7	16.7
3-2	6000-4000	64000	28.2	32
2-1	4000-2000	74100	32.3	36.5
1-0	2000-0	53000	23.4	26.5

Таблица 2

Развитие процесса заболачивания на Западно-Сибирской равнине, км² [1]

Время, число лет тому назад	Заболоченная площадь	Увеличение заболоченной площади	
		за каждые	ежегодно
8000	11004	–	–
6000	126546	115542	57.77
4000	348198	221652	110.82
2000	602076	253878	126.94
0	786000	183924	91.96

Величина линейного прироста торфа зависит от комплекса таких факторов, как климатические, орографические, гидрологические. Соотношение элементов теплового и водного балансов определяют величину

биологической продуктивности, интенсивность процесса аккумуляции, а, следовательно, и скорость торфонакопления.

Рассмотрим прирост торфа за весь период голоцена, а также за его отдельные отрезки (бореальный, атлантический, суббореальный, субатлантический), который проведен по результатам абсолютных датировок нижних и верхних границ слоев торфяных отложений соответствующей мощности. В случае отсутствия абсолютных датировок возраст слоев определялся по результатам палинологического анализа. Для этой цели было выбрано более 65 опорных торфяных разрезов из различных природных зон Западной Сибири [2-17].

Максимальная величина линейной скорости торфонакопления в целом по голоцену установлена для болотных систем подтайги (1.1 мм/год). Несмотря на то, что подтайга относится к зоне неустойчивого увлажнения, в этом регионе высокие показатели линейной скорости торфонакопления обусловлены значительной биологической продуктивностью, характерной для биогеоценозов лесного, древесно-травяно-мохового типов (табл. 3). В южной тайге, которая относится к зоне избыточного увлажнения, интенсивное торфонакопление обусловлено более благоприятными климатическими показателями и относительно высокой биологической продуктивностью болотных биогеоценозов сосново-кустарничково-сфагнового типа (рямов). Рямы на болотных системах в южной тайге занимают значительные площади. В южной тайге исключения составляют лишь низкие показатели линейной скорости торфонакопления (0.3-0.36 мм/год) в погребенных голоценовых торфяниках в долинах рек, где произошло сильное спрессовывание торфяной толщи.

В северном направлении величина этого показателя постепенно уменьшается. В средней тайге средняя скорость линейного прироста торфа составляет 0.57 мм/год, в северной – 0.37 мм/год, в лесотундре – 0.35 мм/год, в тундре – 0.31 мм/год.

В лесостепной зоне Западной Сибири, особенно в займищах, процесс торфонакопления также замедлен – 0.73 мм/год и более интенсивно протекает только в рямах – 1.64 мм/год. Уменьшение торфонакопления в травяных займищах, несмотря на сравнительно высокую биологическую продуктивность травяных сообществ, связано с интенсивным разложением растительных остатков в условиях высокой теплообеспеченности и переменной увлажненности.

С зональными вариантами средней скорости вертикального торфонакопления коррелирует пространственная дифференциация средних глубин торфяных отложений. Наибольшие средние глубины торфяных залежей выявлены для болот южной тайги – 2.8 м. В этой подзоне встречаются болота с глубиной торфа до 10-12 м. К северу и югу от подзоны южной тайги мощность торфяных отложений постепенно снижается.

Биологическая продуктивность болотных биогеоценозов, кг/га

Географическая приуроченность	Типы болотных биогеоценозов	Биологическая продуктивность	
		общая фитомасса, кг/га	ежегодная продукция, кг/га
Северная тайга	Грядово-мочажинно-озерковый	18.27	8.57
Средняя тайга	Грядово-мочажинный	38.31	17.8
Южная тайга	Сосново-кустарничково-сфагновый	457.6	38.1
Подтайга	Сосново-тростниково-сфагновый мезотрофный	546.61	59.49
	Кустарничково-осоково-сфагновый мезотрофный	137	49.53
	Лесной мезотрофный	1616.5	60.4
		[18]	
	Лесной эвтрофный	1733.6	78.1
	Безлесный эвтрофный	90	
	[19]		
Лесостепь	Безлесный травяно-гипновый	150	40.6
		[20]	
	Крупнотравный	269	585
		[20]	

Пространственное изменение этих показателей объясняет и дифференциацию процессов заболачивания как интенсивное и замедленное торфонакопление.

Активное заболачивание характерно для таежной зоны, в которой средняя скорость вертикального торфонакопления в течение голоцена более 0.8 мм/год [7].

В лесостепи торфонакопление замедленное. Средняя скорость торфонакопления в займищах лесостепи на протяжении голоцена не превышала 0.8 мм/год (табл. 4). Максимальные значения вертикального прироста торфяных отложений (от 0.53 мм/год до 0.83 мм/год, в среднем 0.77 мм/год), независимо от типа залежи и территориальной

Таблица 4

Динамика скорости линейного прироста торфа по периодам голоцена, мм/год

Периоды голоцена	Северная тайга		Средняя тайга					Лесостепь
	Сер- тынья [13]	Сы- томно [7]	Лу- каш- кин Яр [22]	Са- лымо- Юган- ское [7]	Само- тлор [7]	Урна [7]	Сыр- ковое [7]	Каян- ское [15]
SA	0.47	0.43		0.56	0.43	0.65	0.65	0.7
SB	0.36	0.34	0.37	0.45	0.27	0.35	0.34	0.64
AT	0.34	0.35	0.45	0.66	0.66	0.42	0.57	-
BO	0.53	0.83	0.83	0.83	0.83	-	-	-

приуроченности болот, установлены для бореального периода, что подтверждает мнение Н.А. Хотинского [21] относительно термического бореального максимума в голоцене, характерного именно для Западной Сибири. В атлантическом периоде наблюдается некоторое уменьшение прироста торфа: более заметное в северной тайге и менее выраженное в средней тайге.

Минимальный прирост торфяных отложений (0.27-0.34 мм/год) отмечен для суббореального периода, когда климат был относительно сухим и холодным.

В субатлантическом периоде средняя скорость торфонакопления снова несколько возрастает (до 0.53 мм/год), но не достигает величины, установленной для бореального периода. В северной тайге, лесотундре и тундре на мерзлых буграх процесс торфонакопления вовсе прекращается.

Таким образом, в целом по голоцену выявляется следующая закономерность: в первую половину голоцена средняя вертикальная скорость торфонакопления отличалась более высокими показателями, чем во вторую половину.

Развитие болотообразовательного процесса на протяжении голоцена отчасти объясняет и уточняет современный характер его существования на зонально-подзональном уровне. Так, заболачивание лесов и редколесий в лесотундре во многом связано с динамикой мерзлых пород [23].

В таежной зоне, где преобладают олиготрофные сфагновые болота, автохтонное заболачивание уже в начале голоцена сменилось достаточно активным аллохтонным. В современный период заболачивание суши

происходит главным образом вследствие расширения в стороны растущих сфагновых болот [24].

В подтайге, где господствуют эвтрофные осоково-гипновые болота, трансгрессия болот из очагов заболачивания замедляется. Наиболее слабо этот процесс выражен в лесостепи, где господствуют эвтрофные травяные болота.

В соответствии с показателями современной заторфованности и увлажненности в северной и средней тайге заболачивание - прогрессирующее (заторфованность 40-50 %, увлажнение избыточное), в южной тайге - умеренно прогрессирующее (заторфованность 32 %, увлажнение избыточное), в подтайге - умеренное (заторфованность 20-25 %, увлажнение неустойчивое), в лесостепи - слабое (заторфованность 8 %, увлажнение недостаточное).

На современном этапе факторы заболачивания, отмеченные выше, сохраняются. При этом возрастает роль недостаточно дренирующей работы речной сети, которая медленно отводит поверхностные и грунтовые воды. В результате болота захватывают прилегающие суходольные ландшафты. Из подчиненного ландшафта болото превращается в автономный ландшафт. Этот этап, как отмечает Л.К. Малик [25], протекает тем активнее, чем слабей степень дренированности территории. Количественная характеристика интенсивности заболачивания хорошо отражена в многочисленных работах Института географии РАН [3, 26, 27 и др.]. По мнению этих авторов, непрерывное развитие болот спустя несколько тысяч лет приведет к полному заболачиванию и заторфовыванию Западно-Сибирской равнины, за исключением наиболее дренируемых и повышенных участков.

Изменчивость гидроклиматических циклов обуславливает изменения интенсивности дренирования, что, в свою очередь, оказывает влияние на интенсивность наступательного развития болот. Это, видимо, и является исходной причиной существования и другой точки зрения относительно интенсивности процесса заболачивания Западной Сибири в настоящее время. На взгляд Ф.З. Глебова [28] существенное уменьшение ежегодного прироста площади болот за последние 2 тыс.лет свидетельствует о снижении агрессивности болотообразовательного процесса. По его мнению, примерно через 1 тыс. лет процесс заболачивания Западно-Сибирской равнины завершится, при этом суммарная площадь болот возрастет лишь на 2 %.

Весьма веские аргументы есть у обеих точек зрения. Какая из них окажется верной, покажут лишь дальнейшие исследования. По всей вероятности, истина лежит посередине, На участках Западно-Сибирской равнины с явными факторами заболачивания процесс будет прогрессировать. Возможно поэтому многие ученые [29-31] считают, что при неизменных климатических условиях прогрессирующий процесс заболачивания можно остановить

только с помощью искусственного осушения, а вот степень осушения должна решаться по каждой болотной экосистеме отдельно.

Какова же естественная эволюция болот? Один путь, это формирование в конечных границах торфяного месторождения, когда прекращается процесс образования органического вещества. Этот процесс наиболее вероятен в южных районах Западной Сибири и на мелких болотах таежной зоны в условиях естественного дренирования.

Преобладающее значение для условий Западной Сибири имеет также регрессивно-топояная эволюция, когда в результате самоподтопления торфяника, процесс торфообразования возобновляется. Это положение рассмотрено К.Е. Ивановым [32]: спуск болотных озер в результате русловой эрозии внутриболотных ручьев и рек, неравномерная эрозия берегов озер и увеличение их акваторий за счет слияния крупных озер, их обмеление, возобновление зарастания озер и горизонтальный рост болот на суходолы. В результате образуются грядово-озерковые комплексы.

Другой путь их образования - это замещение торфообразователей другими растениями, не образующими торфа (лишайники, печеночники, водоросли), которые являются активными азотфиксаторами. При разложении их остатков, торф обогащается соединениями азота и другими элементами питания. Далее на этих участках поселяются лишайники, а в результате дальнейшей деградации, происходит исчезновение растительности, развиваются озерки. Постепенно озерки зарастают сфагновой сплавиной, на которой потом селятся сфагнум магелланикум и сфагнум фускум. Оба пути образования озерков взаимосвязаны и представляют собой один из гомеостатических механизмов существования олиготрофных болот. Известно, что всякой системе присущи свои пороговые нагрузки. Поэтому очень важно правильно оценить допустимые нормы воздействия, превышение которых может вызвать необратимые процессы распада. В одних случаях распад и деградация болот благоприятствуют состоянию природной среды, в других, наоборот, оказывают отрицательное воздействие [34].

По Западно-Сибирской равнине определены пределы возможного воздействия на водный режим болотных систем, и сделан вывод, что для реально существующих систем имеется большой запас устойчивости при увеличении дренирования территории. Запас устойчивости по отношению к переобводненности значительно меньше [35, 36].

Как долго может продолжаться процесс захвата территории болотами? Это прежде всего определяется климатом биосферы. Обратимся к расчетам, приведенным в статье В.М. Жукова [37]. Им были рассчитаны вероятные изменения климатических параметров для периода с 1890 до 2040 г. (рис.). На основании этих расчетов следует, что в таежной зоне сохраняются условия избыточного увлажнения территории на общем фоне

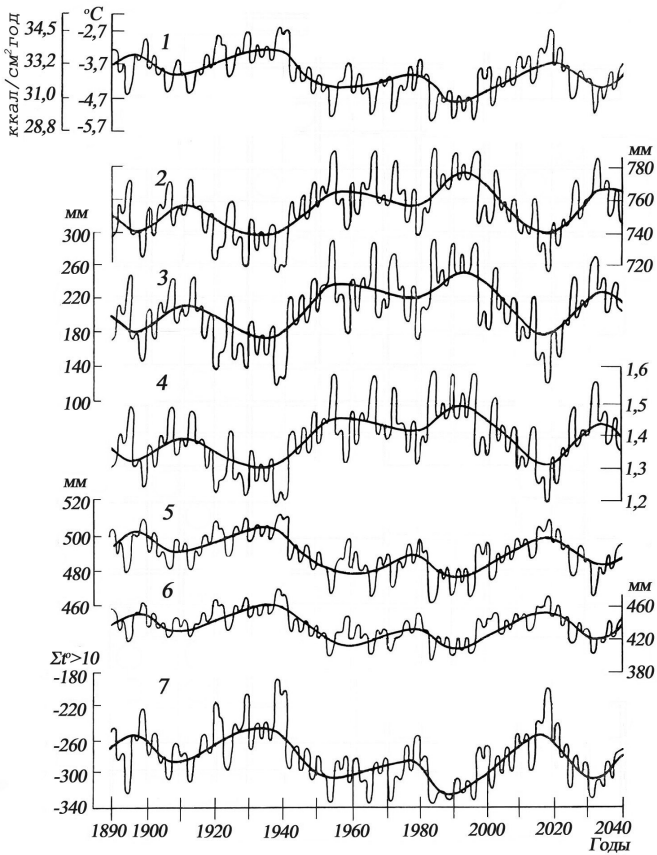


Рис. Вероятные изменения количества тепла и влаги в гидроморфных зонах на 60° с.ш. за период с 1890 по 2040 г.

1 - ресурсы тепла, kcal/cm^2 год, и $^\circ\text{C}$; 2 - осадки, мм;

3 - избытки осадков, мм; 4 - коэффициент увлажнения;

5 - суммарное испарение, мм; 6 - норма суммарного испарения, мм;

7 - расход тепла, идущего на нагревание воздуха, сверх геофизической нормы, суммы температур за период с температурами выше 10° [37].

чередования периодов подсыхания и переувлажнения. Так с 1990 по 2010 год ожидается изменение структуры теплового и водного балансов, достаточно идентичного наблюдавшемуся изменению в период с 1910 по 1950 годы. Выявляется цикличность изменения в 44 года. Полученные результаты, указывающие на незначительные колебания и достаточно плавный пе-

реход от холодных и влажных периодов к теплым и засушливым, отмечены и в палеоклимате со своим интервалом цикличности. Надо полагать, что резкие флуктуации могут быть характерны лишь для местного изменения климата и связаны с нарушением физических свойств подстилающей поверхности (изменением русел рек, появлением гарей и др.).

Нельзя не отметить, что интенсивность процесса болотообразования в разных болотах и на разных стадиях развития может быть разной. Нельзя не отметить тот факт, что освоение нефтегазовых месторождений не способствует развитию процесса торфообразования, а следовательно и депонированию диоксида углерода из атмосферы. Сколь велики площади болот, потерянные для функции снижения в атмосфере этого парникового газа? Систематизировать такие сведения просто не возможно, вследствие их секретности для ученых и общественности. Однако имеющиеся сведения позволяют судить об их масштабности. Например, согласно [38] около 30 % территории автономного округа ХМАО-Югра зарезервировано под лицензионными участками, испытывающими комплексное техногенное воздействие.

Есть также болота с биохимически разрушающейся залежью. Последнее характерно в условиях мерзлого грунта и развития денудации прошлых отложений торфа, что отчасти рассмотрено выше. Эти болота служат в настоящее время источником выделения углерода в атмосферу. К этому же следует добавить эрозионные процессы на торфяниках.

Так например, на Аляске [39] от 7 до 20 % нетто-экосистемной продукции углерода болот переносится в озера и речки. Авторы в этом видят главную причину несоответствия скорости современного торфонакопления, определяемого по фотосинтезу и дыханию. Особое место принадлежит пожарам на болотах. Это также вносит коррективы в оценку интенсивности заболачивания территории.

Литература

1. Нейштадт М.И. О нижней границе голоцена // Палинология голоцена. М., 1971. С. 7-17.
2. Волков И.А., Гуртовая Е.Е., Фирсов Л.В. и др. Строение, возраст и история формирования голоценового торфяника у с. Горнослинкино на Иртыше // Плейстоцен Сибири и смежных областей. М., 1973. С. 34-40.
3. Нейштадт М.И. Возникновение и скорость развития процесса заболачивания. Научные предпосылки освоения болот Западной Сибири. М., 1977. С.39-48.
4. Трофимов В.Т., Бадю Ю.Б., Васильчук Ю.К. Инженерно-геологические условия Гыданского полуострова. М., 1986. 21 с.

5. Васильчук Ю.К., Петрова Е.А., Серова А.К. Некоторые черты палеогеографии голоцена Ямала // Бюл. комис. по изучению четвертичного периода. 1983. №52. С. 134-143.

6. Фирсов Л.В., Троицкий С.Л., Левина Т.П. и др. Абсолютный возраст и первая для севера Сибири стандартная пыльцевая диаграмма голоценового торфяника // Бюл. комис. по изучению четвертичного периода. 1974. №41. С.121-127.

7. Лисс О.Л., Березина Н.А. Болота Западной Сибири. М., 1981. 204 с.

8. Хотинский Н.А., Климанов В.А. Радиоуглеродный возраст и климатические условия развития бугристых торфяников Надым-Казымского междуречья в голоцене // Вопросы экологии растений, болот, болотных местообитаний и торфяных залежей. Петрозаводск, 1985. С. 132-140.

9. Кинд Н.В. Позднее- и послеледниковые Сибири // Голоцен. М., 1969. С. 195-201.

10. Левковская Г.М., Кинд Н.В., Завельский Ф.С. и др. Абсолютный возраст района г. Игарки и расчленение голоцена Западной Сибири // Бюл. комис. по изучению четвертичного периода. 1970. №37. С. 94-174.

11. Архипов С.А., Левина Т.П., Панычев В.А. Палинологическая характеристика двух голоценовых торфяников из долины средней и нижней Оби // Палеопалинология Сибири. М., 1980. С.123-128.

12. Архипов С.А., Вотах М.Р. Палинологическая характеристика и абсолютный возраст торфяника в устье р. Томи // Палеопалинология Сибири. М., 1980. С. 118-123.

13. Хотинский Н.А. Голоцен Северной Евразии. М., 1977. 197 с.

14. Лисс О.Л., Березина Н.А., Куликова Г.Г. Возраст болот центральной части Западно-Сибирской равнины // Природные условия Западной Сибири. М., 1976. Вып. 6. С. 69-86.

15. Левина Т.П., Орлова В.В., Панычев В.А. и др. Радиохронметрия и пыльцевая стратиграфия голоценового торфяника Каянское займище (Барабинская лесостепь) // Региональная геохронология Сибири и Дальнего Востока. Новосибирск, 1987. С. 136-143.

16. Климанов В.А., Левина Т.П., Орлова В.В. Изменение климата на территории Барабинской равнины // Тр. ин-та геологии и геофизики. 1987. №690. С. 143-149.

17. Фирсов Л.В., Волкова В.С., Левина Т.П. и др. Стратиграфия, геохронология и стандартная споро-пыльцевая диаграмма голоценового торфяника болота Гладкое в Новосибирске (Правые Чемы) // Проблемы стратиграфии и палеографии плейстоцена Сибири. Новосибирск, 1982. С. 96-107.

18. Глебов Ф.З., Тойленко Л.С. О биологической продуктивности болотных лесов, лесообразовательном и болотообразовательном процессах // Ботан. журн. 1975. Т. 60. № 9. С. 1336-1347.

19. Пьявченко Н.И. О продуктивности болот Западной Сибири // Раст. ресурсы. 1967. №4. С. 523-533.

20. Базилевич Н.И. Продуктивность и биологический круговорот в моховых болотах Васюганья // Растительные ресурсы. 1967-1973. Вып. 4. С. 567-588.

21. Хотинский Н.А. Голоценовые хроносрезы: дискуссионные проблемы палеогеографии голоцена // Развитие природы территории СССР в позднем плейстоцене и голоцене. М., 1982. С. 142-148.

22. Глебов Ф.З., Тойленко Л.С., Стариков Э.В. и др. Палинологическая характеристика и датировка по С14 торфяника в Александровском районе Томской области (среднетаежная зона) // Типы болот СССР и принципы их классификации. Л., 1974. С. 194-200.

23. Тыртиков А.П. Динамика растительного покрова и развитие мерзлоты в Западной Сибири. М., 1974. 196 с.

24. Пьявченко Н.И. Торфяные болота, их природное и хозяйственное значение. М., 1985. 152 с.

25. Малик Л.К. О будущем болотных массивов и возможностях восстановления северных лесов // Метеорология и гидрология. 1992. № 6. С. 95-100.

26. Вендров С.Л., Герасимов И.П., Куницын Л.Ф. и др. Влагооборот на равнинах Западной Сибири, его роль в формировании природы и пути преобразования // Изв. АН СССР. Сер. геогр. 1966. № 5. С. 3-18.

27. Нейштадт М.И. Взаимоотношение леса и торфяного болота в голоцене (на примере Западной Сибири) // Болота и болотные ягодники / Труды Дарвинского гос.заповедника. 1979. Вып. 15. С.33-45.

28. Глебов Ф.З. Взаимоотношения леса и болота в таежной зоне. Новосибирск, 1988. 184 с.

29. Танфильев Г.И. О болотах Петербургской губернии // Тр. Вольно-экономического общества. 1988. Т. 5. С. 50-80.

30. Сукачев В.Н. Болота, их образование, развитие и свойства // Сб. лекций дополнительных курсов для лесничих. СПб, 1914. С. 249-405.

31. Вильямс В.Р. Почвоведение. М., 1939. 147 с.

32. Иванов К.Е. Эрозионные явления на болотах и их роль в формировании озерно-болотных ландшафтов Западной Сибири // Вопросы гидрологии болот лесной зоны / Труды ГГИ. 1969. Вып. 157. С.78-97.

33. Новиков С.М. О развитии болотных массивов в лесной зоне // Метеорология и гидрология. 1991. № 3. С. 17-24.

34. Иванов К.Е. Водообмен в болотных ландшафтах. Л., 1975. 280 с.

35. Иванов К.Е. Торфоносность среды обитания растительного покрова и гидролого-географический метод оценки некоторых ее показателей // Тр. ГГИ. Вып. 333. С. 3-22.

36. Гелета И.Ф. Гидрологические аспекты устойчивости болот // Гидрологические исследования ландшафтов. Новосибирск, 1986. С. 49-57.

37. Жуков В.М. Климат и процесс болотообразования // Научные предпосылки освоения болот Западной Сибири. М., 1971. С. 13-30.

38. Шамшиев В.Ф., Богомолов А.В. Влияние разработки месторождений на загрязнение почв нефтепродуктами // Вестник ТГУ. 2005. № 15. С.144-145.

39. Alaback Paul B. Dynamics of understory biomass in Sitka spruce – western hemlock forests of southeast Alaska // Ecology. 1982. Vol. 63. №6. P. 1932-1948.

Waterlogging on the Western-Siberian Plain

L.I. Inisheva

Activity process of bogging on the Western-Siberian lowland during the holocene period and to present day is considered.

Химическая природа гуминовых кислот

И.Д. Комиссаров

Тюменская государственная сельскохозяйственная академия, г. Тюмень,
chemagro@pochta.ru, victor.boev@mail.ru

Приводится описание химической природы и строения макромолекул гуминовых кислот.

Гуминовые вещества неоднородны по своей химической природе, но имеют общий мотив построения макромолекул, несмотря на различия сходного гумифицирующегося органического материала.

Они составляют значительную долю в составе органической массы торфов, почв, сапропелей, ископаемых углей и других органогенных пород. Традиционное разделение гуминовых веществ в зависимости от растворимости в щелочах и кислотах сохраняется и в современных публикациях. Несомненно, наибольший интерес представляет группа собственно гуминовых кислот, растворимая в щелочах, это объясняется более существенной их массовой долей в составе природных субстратов и большей изученностью химической природы и строения.

Ранее нами была предложена гипотетическая модель макромолекул гуминовых кислот. Она представляется одновременным присутствием конденсированных ароматических ядер и многофункциональных перифе-

рических алифатических цепей с общей системой сопряженных связей в пределах регулярной структуры макромолекул.

Носителями специфических свойств гуминовых кислот являются конденсированные ароматические ядра, соединенные друг с другом через цепи, имеющие достаточное сопряжение углерод-углеродных и других связей, обеспечивающих свободное движение делокализованных электронов в пределах всей макромолекулы.

Периферические, нерегулярные структурные элементы являются переменными компонентами, которые могут быть, а могут и не быть в составе макромолекул. Строение макромолекул не является строго стабильным, оно подвержено статистическим флуктуациям.

По-видимому, ароматические ядра гуминовых кислот могут содержать до 5-6 бензольных колец, так как это соответствует наибольшей термодинамической устойчивости полициклических систем. В целом макромолекулы гуминовых кислот характеризуются статистически непрерывным набором различных структурных единиц, неоднородных по размерам конденсированных ароматических ядер, длине и составу соединительных звеньев, а также и периферийных, алифатических цепей, являющимися нерегулярными структурными элементами. При двухчленном строении гуминовых кислот, содержащийся в них углерод находится в двух формах: ароматический углерод с sp^2 -валентными электронами и алифатический углерод с sp^3 -гибридизированными электронными орбиталями. Различие в их энергиях связи достигает 57.08 кДж/моль, что определяет неодинаковое их поведение при термической деструкции, окислении, гидролитических воздействиях и биохимической атаке.

Ароматический характер полициклических ядер и сопряженная связь в соединительных звеньях между ними обуславливают копланарность макромолекул гуминовых кислот. В твердом состоянии плоские молекулы могут быть «упакованы» в пачки по несколько слоев, что является локальным проявлением частичной упорядоченности при межмолекулярном взаимодействии. Расстояние между макромолекулами в пачках перпендикулярно плоскости равняется, приблизительно, удвоенному Ван-дер-Ваальсовскому радиусу атома углерода.

Весьма важным условием реального существования макромолекул, в форме предложенной модели, является отсутствие конформаций кручения в соединительных звеньях между ядрами. Этому условию могут удовлетворять сопряженные связи. Наличие парамагнитных свойств у гуминовых кислот, обусловленное делокализованными электронами подтверждает существование таких углерод-углеродных связей. Таким образом, длина соединительных звеньев должна быть кратна длине $\sigma+\pi$ - связи.

При описанных условиях, улиткообразное свертывание макромолекул, в силу стремления к сокращению энергии, должно привести к образованию дискообразных частиц с соотношением осей от 1 : 4 до 1 : 8.

Некоторая сфероидальность формы может возникать за счет неучтенных боковых нерегулярных цепей и объемных функциональных групп, количество которых непостоянно. Слишком массивные боковые цепи, связанные с ядрами и соединительными звеньями σ связью, вследствие возникновения конформаций кручения должны легко отрываться от макромолекулы. Таким образом, можно предполагать, что существует своеобразное «правило отбора», в возникновении боковых цепей и характере соединительных звеньев.

Возникновение водородных связей между отдельными слоями свернутой макромолекулы маловероятно, т.к. в этом случае они должны были быть направлены перпендикулярно плоскости молекулы. По-видимому, большие возможности существуют для возникновения межмолекулярных форм водородной связи, особенно в направлении боковых плоскостей макромолекул.

Исходя из рассмотренной модели, после определения молекулярной массы и массы отдельного «мономерного» фрагмента могут быть вычислены линейные параметры макромолекулы. Делокализация электронной плотности в молекулярных π -орбиталях в системе полисопряжения приводит к усилению взаимного влияния атомов и значительной потере индивидуальности отдельных связей. Отражением этих особенностей структуры макромолекул является своеобразие электронных спектров поглощения гуминовых кислот.

Отсутствие тонкого расщепления в спектрах свидетельствует о том, что вклад хромофорных группировок атомов в общее поглощение невелик. К квантово-механической точки зрения это обусловлено тем, что в сложных молекулах с ростом сопряжения возрастает энергия высшего занятого π -электронного уровня, которая перекрывает любые уровни несвязующих, неподеленных π -электронов не затрагиваемых сопряжением. При этом, в спектрах n - π полосы, обычно характерные для хромофорных радикалов, маскируются более сильными π - π^* -поглощением.

Неодинаковая интенсивность светопоглощения различных гуминовых кислот связана с двумя факторами: различной величиной системы сопряжения макромолекул и стерическими эффектами. Резонансная энергия молекулы и прочность одинарной связи являются наибольшими, когда вся система является копланарной. Нарушение сопряжения в соединительных цепях между ароматическими ядрами способствует возникновению конформации кручения, которые нарушают плоскостность и могут приводить к фрагментации молекул.

Электронная структура гуминовых кислот включает в систему сопряженных связей также и π -электроны функциональных групп, непосредственно связанных со «скелетной» частью макромолекул. Это оказывает значительное влияние на реакционную способность функциональных групп, кислотнo-основные и окислительно-восстановительные свойства макромолекул.

Своеобразные свойства гуминовых кислот привлекают внимание к их использованию в различных отраслях техники, сельского хозяйства и медицины.

The chemical nature of humic acids

I.D. Komissarov

The description of the chemical nature and structure of macromolecules of humic acids is resulted.

Гуминовые пелоидопрепараты: перспективы использования в медицинской практике

Н.П. Аввакумова

Самарский государственный медицинский университет, г. Самара,
anuttax@yandex.ru

Обоснована возможность широкого использования в медицинской практике гуминовых пелоидопрепаратов. Исследована биологическая активность фульвокислот, гиматомелановых, гуминовых кислот, выделенных из низкоминерализованных иловых сульфидных грязей. Доказано отсутствие токсичности и их индифферентность на организменном, клеточном, молекулярном уровне в физиологических условиях. Установлена высокая биологическая активность при патологическом состоянии: протекторная, антиоксидантная, иммунокорректирующая, противовоспалительная, ранозаживляющая, что служит основанием для создания высокоэффективных лекарственных препаратов на основе гуминовых веществ пелоидов.

С проявлением биологической активности гуминовых веществ человечество встретилось в давние века в виде грязелечения. К лечебным грязям (пелоидам) относятся природные органоминеральные коллоидные образования различного генеза, обладающие большой пластичностью, высокой теплоемкостью и медленной теплоотдачей, содержащие терапевтически активные вещества и живые микроорганизмы.

Образование лечебных грязей происходит под воздействием комплекса природных факторов: климатических, геологических, гидрологических, физико-химических и биологических. Наиболее распространены пелоиды, образующиеся вследствие осадконакопления в водоемах и болотах. Условия накопления определяют образование различных по составу и свойствам лечебных грязей, отличающихся друг от друга содержанием как минеральных, так и органических компонентов.

Иловые низкоминерализованные сульфидные грязи, являющиеся объектом наших исследований, представляют собой сложный многокомпонентный комплекс различных соединений. Основным терапевтическим фактором их лечебного действия являются гуминовые вещества. Гумусовые кислоты пелоидов образуются в анаэробных условиях, что отражается на их структуре, химических свойствах, биологической активности.

Грязевые процедуры оказывают на организм разностороннее воздействие. Они положительно влияют на трофику тканей, синтез белков, нейрофизиологический статус, стимулируют функции иммунной системы. В настоящее время доказаны их антимикробный и противовирусный эффекты, стимулирующее влияние на кровообращение, противоопухолевое действие, противовоспалительный эффект. Пелоидотерапия успешно применяется при ревматоидном и псориатическом артритах, остеоартрозах, дерматологических заболеваниях, гастритах, язве желудка и других заболеваниях желудочно-кишечного тракта, в гинекологии и андрологии, способствует нормализации кишечной микрофлоры.

Курортное лечение нативными грязями сталкивается с рядом проблем, среди которых истощение запасов кондиционных грязей, их загрязненность продуктами антропогенного происхождения. Несмотря на широкую популярность традиционного грязелечения, оно неприемлемо по медицинским показаниям для многих категорий больных.

Перечисленные факторы являются исходной основой для поиска биологически активных пелоидопрепаратов, их внедрения в практику здравоохранения. Противоречивость сведений о механизме действия специфических органических веществ на организм подтверждает необходимость проведения исследований на субмолекулярном уровне с целью выяснения объектов терапевтического действия пелоидов и создания на этой основе высокоэффективных препаратов, в первую очередь из некондиционных и бывших в употреблении лечебных грязей, что, несомненно, будет способствовать увеличению доступности и эффективности пелоидотерапии, экономии истощающихся грязевых ресурсов, сохранению экологического равновесия курортных биогеоценозов.

В настоящее время внимание исследователей направлено на разработку отечественных препаратов на основе биологически активных соедине-

ний природного происхождения, обладающих высокой терапевтической активностью, низкой токсичностью, отсутствием аллергических реакций при их применении. Весьма интересными, с этой точки зрения, являются гуминовые вещества. Перед медицинской наукой стоит задача выделения из них однородных стандартизированных фракций биологически активных экологически чистых препаратов.

Гумусовые кислоты пелоидов являются безвредными для организма. Изучение острой токсичности гуминовых кислот было проведено нами на половозрелых крысах линии Wistar массой 180-200 г. Наблюдение за животными проводили в течение 14 суток. Введение «per os» от 0.5 г/кг до 15 г/кг не вызывало токсического эффекта. Большого количества препарата не удалось ввести технически. Внутримышечное введение от 1 мг/кг до 20 мг/кг также не вызывало гибели животных.

Терапевтическая доза, как правило, составляет 0.1 от LD₅₀. Так как последняя не определена, то лечебную дозу определяли экспериментально в модели острого каррагенинового воспаления. В качестве препарата сравнения использовали официальный 2.5 % раствор диклофенака натрия. Изучение биологической активности фульвокислот, гиматомелановых, гуминовых кислот, суммарного препарата в широком диапазоне концентраций на модели острого каррагенинового воспаления выявило полимодальную зависимость действия всех препаратов от дозы. Для фульвокислот наиболее эффективной была доза 0.5 мг/кг, для суммарного препарата – 0.1 мг/кг; для гиматомелановых кислот – 1.0 мг/кг. Максимальную противовоспалительную активность проявили гуминовые кислоты в дозе 2.0 мг/кг. Сравнение противовоспалительной активности с влиянием 2.5 % раствора диклофенака натрия показало более выраженное действие гуминовых пелоидопрепаратов. В дальнейших исследованиях нами применялся 0.1 % раствор гуминовых веществ с рН 7.4.

Характер изменения иммунологических показателей крови при лечении каррагенинового воспаления гумусовыми кислотами позволяет заключить, что их противовоспалительный эффект обусловлен воздействием на функционально-метаболическую активность нейтрофильных гранулоцитов и моноцитов, что объясняется способностью гумусовых кислот обратимо ингибировать избыточную продукцию интерлейкина 1 гиперактивированными макрофагами, нивелировать усиленный выход нейтрофильных гранулоцитов из костно-мозгового депо в кровь, уменьшать потребление кислорода активированными фагоцитами с последующим снижением генерации кислородных радикалов, что в конечном счете приводит к уменьшению выраженности воспалительной реакции.

Экспериментальное моделирование воспаления на животных имеет целью в более простых условиях опыта изучить разные стороны патогене-

за воспаления и исследовать действие новых веществ, в том числе природного происхождения, на их противовоспалительную активность. Главной особенностью противовоспалительной терапии является ее общее неспецифическое влияние. Противовоспалительные средства могут эффективно вмешиваться в разные стадии развертывания воспалительного процесса. С точки зрения изучения влияния гумусовых кислот на динамику хронического воспалительного процесса нами использовалась модель адьювантного артрита. Мы сочли значимыми наблюдения за изменениями, протекающими в про- и антиоксидантных системах организма. Выраженность антиоксидантных процессов контролировалась по активности супероксиддисмутазы и каталазы, а функции прооксидантных систем оценивали по выраженности диеновой конъюгации ненасыщенных высших жирных кислот и концентрации малонового диальдегида в крови. При ежедневном введении физиологического раствора экспериментальным животным (контрольная группа) не наблюдалось значительных изменений в показателях антиоксидантных систем, в то время как прооксидантные процессы протекали более интенсивно. В модели адьювантного артрита ярко выражено преобладание прооксидантных свойств по сравнению с системами антиоксидантной защиты. Лечение гуминовыми пелоидопрепаратами начинали с 14 дня после индукции воспаления.

Исследование влияния фульвокислот на ход иммунного воспаления свидетельствует о его сложности. В начальные сроки наблюдения активность супероксиддисмутазы повышается, но в последующем наблюдается ее уменьшение на 47.76 % ниже контроля, в то время как активность каталазы остается на уровне контроля во все сроки наблюдения. Гиматомелановые кислоты, наоборот, практически не изменяют активность супероксиддисмутазы, но снижают активность каталазы.

Гуминовые кислоты обладают выраженными антиоксидантными свойствами о чем свидетельствует снижение активности супероксиддисмутазы и незначительное уменьшение активности каталазы. Вместе с тем, выраженность диеновой конъюгации и концентрации малонового диальдегида сначала снижена в сопоставлении с группой сравнения.

Более сложная полимодальная зависимость изменения антиоксидантной активности наблюдается под влиянием суммарного препарата. В начальный и конечный период наблюдается снижение активности супероксиддисмутазы почти на 20 %, в то время как на 7 сутки лечения активность ее возрастает на 33 %. Максимальна в этот период и активность каталазы.

Результаты проведенных экспериментов свидетельствуют о различных механизмах воздействия отдельных гумусовых кислот на биологические системы. Если у гуминовых кислот четко прослеживается антиоксидантная активность, то воздействие гиматомелановых и фульвокислот имеет более слож-

ный характер. При этом следует отметить, что суммарный препарат действует на биологические системы не как сумма компонентов, а как самостоятельная сложная система с присущими ей свойствами.

Реакция живого организма на различные гумусовые кислоты неоднозначна, но все изученные природные соединения способствуют нормализации баланса про- и антиоксидантных систем организма.

Динамика изменения гематологических и иммунологических показателей при введении гуминовых пелоидопрепаратов животным с развившимся адьювантным полиартритом отражает снижение выраженности воспалительного процесса с аутоиммунным компонентом, при этом терапевтический эффект нарастал с увеличением курсовой дозы. Максимальный противовоспалительный эффект гуминовых веществ был выявлен к 26 суткам эксперимента. Препараты практически полностью восстанавливали гематологические и иммунологические показатели до нормативных значений.

Результаты, полученные при проведении системного многофакторного анализа по 19 количественным показателям, характеризующими изменение клеточного состава крови, функциональной активности моноцитарно-макрофагальной системы, показал, что введение испытуемых веществ при развитии воспаления значительно изменяет степень отклонения интегральных показателей функционального состояния системы крови от нормированных значений.

Во всех случаях применения испытуемых препаратов наибольшее влияние на функциональное состояние системы периферической крови оказывали показатели, отражающие активность моноцитарно-макрофагального звена (содержание моноцитов в крови, уровень интерлейкина-1 и фактора некроза опухоли, хемилюминесцентная активность лейкоцитов). Так, при введении фульвокислот наибольшее влияние на состояние системы периферической крови в целом оказывали количество моноцитов ($P_i=372.0$) и уровень интерлейкина-1 ($P_i=100/0$). Коэффициенты влияния остальных параметров были значительно меньшими и распределялись в ранжированном ряду достаточно равномерно. Если животным вводили гуминовые кислоты, то максимально значимые P_i были у таких параметров, как уровень фактора некроза опухоли, содержание моноцитов, лимфоцитов и уровень интерлейкина-1. При введении гиматомелановых кислот наибольшее влияние на состояние периферической крови как биологической системы в условиях развития каррагенинового отёка оказывали уровень провоспалительных цитокинов (значения P_i таких показателей, как интерлейкин-1 и фактор некроза опухоли, были максимальными и составляли соответственно 465.6 и 353.3), содержание фибронектина ($P_i=102.3$). Необходимо отметить, что достаточно высокие значения интегральных

показателей отмечались у таких параметров, как количество эритроцитов ($P_i = 100.0$) и уровень гемоглобина в крови ($P_i = 90.5$), что может отражать системное влияние данной фракции гумусовых кислот на функциональное состояние периферической крови животных. Таким образом, системный многофакторный анализ позволил объективно оценить изменение крови как биологической системы при развитии каррагенинового отёка на фоне введения препаратов гуминового ряда и подтвердить их выраженное влияние на развитие воспалительного процесса в эксперименте.

Таким образом, изучение влияния гуминовых веществ на активность воспалительного процесса и иммунологический статус животных с экспериментальным полиартритом, вызванным введением адьюванта Фрейнда, показало выраженный иммунокорректирующий эффект данного пелоидопрепарата. Противовоспалительное и иммуноотропное действие гуминовых веществ выразилось в нормализации лейкограммы крови, функционально-метаболических свойств моноцитарно-фагоцитарной системы, нивелировании дисбаланса иммунорегуляторных субпопуляций Т-лимфоцитов, что, по-видимому, являлось отражением снижения активности аутоиммунных реакций при экспериментальном поражении суставов у животных.

Влияние гумусовых кислот на структурно-функциональные показатели нативных и модифицированных клеток с различными функциями осуществлялось через систему крови в условиях "in vitro". Каждая клетка представляет собой саморегулирующуюся систему, способную к самостоятельному воспроизведению, самовосстановлению мембран и органелл. Поскольку каждая клетка представляет собой открытую термодинамическую систему, имеет место ее активное взаимодействие со средой, в которую она включена как интегральная часть. Изучение влияния гумусовых кислот на систему крови, проведенное в условиях окислительного стресса, вызванного пероксидом водорода выявило существенные изменения.

Изменение содержания гемоглобина в ходе эксперимента составило 13.15 ± 0.43 (медиана 13.5), то под действием пероксида водорода происходит его значительное снижение на 14.7 %, а преинкубация с гуминовыми кислотами сохраняет его содержание практически на уровне контроля. При воздействии гуминовых кислот на нативную кровь, мы не наблюдаем изменение гематокрита ($P < 0.01$), который под действием пероксида уменьшается на 16.5 %. При этом совместное действие пероксида и пелоидопрепарата в обоих вариантах вызывает одностороннее изменение, уменьшая этот показатель за счет изменения формы и уменьшения размеров эритроцитов, о чем свидетельствуют результаты микроскопии. Воздействие осуществлялось пелоидопрепаратом на основе гуминовых кислот, проявивших наиболее выраженное влияние на ферментативную дегидрогеназную активность.

Интегральным показателем физиологической активности может служить репродуктивная деятельность, как основа непрерывности жизни. Изучение действия гумусовых кислот на репродуктивную функцию проводилось на основе влияния гуминовых кислот на кинетические показатели спермоплазмы в норме и в условиях окислительного стресса.

При изучении кинетических показателей сперматозоидов мы оценивали скорость прямолинейного движения, выделяя 4 группы: 1) быстрые, со скоростью движения выше 25 мкм/сек); 2) средние (от 10 до 25 мкм/сек); 3) медленные (менее 10 мкм/сек); 4) неподвижные.

При непосредственном воздействии на эякулят гуминовые кислоты почти не изменяют подвижность сперматозоидов. Прибавление пелоидопрепарата незначительно (на 8 %) ($P=0.46$) уменьшает количество быстро перемещающихся половых гамет, но при этом увеличивает число сперматозоидов со средней подвижностью ($P<0.05$). Таким образом, в физиологических условиях прибавление гуминовых кислот в широком диапазоне концентраций оказывается индифферентным по отношению к компонентам исследуемой биологической жидкости, не вызывая в ней видимых нарушений.

Картина резко изменяется после прибавления пероксида водорода. В условиях окислительного стресса число быстро движущихся сперматозоидов сокращается в 20 раз, почти в 8 раз возрастает число медленно перемещающихся сперматозоидов и в 1.5 раза увеличивается число неподвижных гамет. Следовательно, пероксид-ионы губительно действуют на функциональные характеристики мужских гамет, вызывая значительное ухудшение кинетических показателей.

При совместном применении пероксида водорода и пелоидопрепарата на фоне преинкубации гуминовыми кислотами число быстрых сперматозоидов почти в 10 раз выше, чем при воздействии только пероксида водорода, но достигает только 40.2 % от количества в нативном эякуляте. Количество средних сперматозоидов в этом случае в 3.5 раза ($P<0.05$) больше, чем при инкубации с пероксидом водорода и даже в 2.5 раза ($P<0.05$) больше, чем в контроле. Уровень медленных мужских гамет на данном фоне в 3.3 раза меньше, чем под влиянием пероксида водорода, и в 2.2 раза выше чем в нативном эякуляте. Количество неподвижных сперматозоидов становится при этом становится значительно ниже (в 1.4 раза), чем при воздействии мощного окислителя, и достигает уровня, характерного для нативного эякулята.

Таким образом, практически все сперматозоиды, пострадавшие от действия окислителя, восстанавливают свою подвижность и, хотя фракция функционально наиболее полноценных быстрых сперматозоидов достигает только 42.1 % от исходного уровня, число неподвижных гамет становит-

ся сопоставимым с контролем. Следовательно, гуминовые кислоты проявляют протекторный эффект, уменьшая токсическое действие окислителя, при этом защитные свойства более выражены в случае превентивного использования биологически активного вещества. Прибавление гуминовых кислот после преинкубации с пероксидом водорода также положительно влияет на восстановление свойств сперматоплазмы. Так, в 1.2 раза снижается уровень неподвижных гамет, достигающий значений нативного эякулята; в 4.8 раз увеличивается количество быстрых и в 2.3 раза – средних сперматозоидов.

Однако уровень быстрых сперматозоидов в данном случае достигает только 23.4% от показателей контроля, в то время как предварительная инкубация с гуминовыми кислотами позволяет сохранить 42.1 % количества этой фракции мужских гамет, что свидетельствует о частичной необратимости последствий окислительного стресса.

Проведенные исследования подтверждают отсутствие у гуминовых кислот токсичности по отношению к биосистемам, их индифферентность к клеткам, функционирующим в условиях физиологической нормы, но пелоидопрепарат достоверно проявляет протекторные свойства в экстремальных для биосистемы условиях. Тот факт, что преинкубация гуминовыми кислотами выявляет более выраженное защитное действие, доказывает необратимость разрушающего влияния пероксида водорода на некоторые мужские гаметы и подчеркивает сложность и индивидуальность различных исследуемых образцов. Эякуляты с высокими кинетическими показателями более устойчивы к неблагоприятным условиям. Исследование характера воздействия реагентов на отдельные эякуляты показывает, что на некоторые из них пероксид водорода в используемой концентрации действует обратимо, то есть последующее прибавление гуминовых кислот увеличивает подвижность сперматозоидов. Некоторые образцы претерпевают необратимые изменения и не восстанавливают подвижность. Полученные результаты показывают, что биологическая активность гуминовых кислот во многом обусловлена их протекторными свойствами. Установлено, что характер ответа на моделированный окислительный стресс, вызванный пероксидом водорода, не однозначен со стороны отдельных образцов биоматериала и свидетельствует о сложности и многофакторности физиологической реакции в экстремальных условиях.

Совокупность протекторных и противовоспалительных свойств гуминовых кислот позволило нам предложить к дальнейшему изучению суппозитории «ГУММИКС» для лечения хронического простатита, созданные на основе экстракта из низкоминерализованных иловых сульфидных грязей (Патент РФ № 2241471 от 10.12.2004). Лекарственная форма – суппозитории - является одной из самых эффективных по удобству использования,

биодоступности, так как практически без потерь действующие вещества попадают в большой круг кровообращения.

Поиск новых препаратов, обладающих репаративным действием и обеспечивающих высокоэстетичный результат в течение процесса реабилитации, становится актуальным в современных условиях распространения инвазивных процедур в дерматологии и смежных областях медицины. Интересным является создание производных гуминовых кислот, содержащих биогенные элементы, такие как цинк, серебро, магний, медь. Экспериментально определена биодоступность действующих веществ из липофильной и гидрофильной мазевой основы. В качестве липофильной основы использовали вазелин-ланолиновую смесь; в качестве гидрофильной – аэросил-глицериновую. Способность проникать через животную полупроницаемую мембрану возрастала в следующем ряду: препарат-Mg, препарат-Zn, препарат-Ag, препарат, препарат-Cu.

Исследовалось влияние пелоидопрепаратов на процессы репарации кожи (эпителизацию) в сравнении с широко применяемым лекарственным препаратом «Актовегин» в моделях асептических ран (Патент № 2274456 от 20.04.2006).

Модель полнослойных плоскостных асептических ран воспроизводилась в условиях операционной под эфирным наркозом на 50 белых беспородных крысах. Мазь с исследуемыми препаратами апплицировали на раны ежедневно. Животным одной из контрольных групп наносилась мазевая основа, вторая не подвергалась лекарственному воздействию. Заживление регистрировали по уменьшению площади дезэпителизованных участков, накладывая на последние миллиметровую сетку.

Установлено что репаративный эффект действия всех пелоидопрепаратов превосходит эталонный, при этом терапевтическое действие возрастает в ряду: препарат, препарат-Cu, препарат-Mg, препарат-Zn, препарат-Ag и составляет от 12.5 % до 22.2 % по сравнению с актовегином.

В настоящее время нами также получены патенты на способы лечения гуминовыми пелоидопрепаратами хронического аднексита и простатита, роста задержавшихся в прорезывании зубов.

Гумусовые кислоты выполняют уникальную функцию по поддержанию постоянства состава на макро- и микроуровнях. Они сохраняют экологическое равновесие в макросистемах, связывая экотоксиканты различной природы и способствуя миграции и усвоению биоэлементов, поддерживают круговорот веществ в глобальном масштабе. Сложная динамичная система гумусовых кислот поддерживает и внутренний гомеостаз биосистем на организменном, клеточном и субклеточном уровнях, способствуя восстановлению физиологических функций при патологических состояниях и в экстремальных ситуациях.

Дальнейшее изучение гуминовых веществ пелоидов позволит создать биологически активные пелоидопрепараты, которые бы уменьшили количество противопоказаний, сделали лечение дозированным, повысили возможность комбинированного применения как с лекарственными препаратами, так и с физическими факторами, облегчили транспортировку и хранение, улучшили условия работы медицинского персонала, сохранили экологическое равновесие природных курортных зон.

Humic peloidpreparations: prospects of use in medical practice

N.P. Avvakumova

The opportunity of wide use of humic peloid preperations in medical practice has been proved. Biological activity of fulvic, hymatomelanic, humic acids allocated from lowmineralized sulphidic peloids is investigated. Absence of toxicity and their indifference on organismic, a cellular, molecular level in physiological conditions is proved. High biological activity is established at a pathological condition: protective, antioxidative, immunocorrected, antiinflammatory, woundhealing, that forms the basis for creation of highly effective medical products on a basis of humic substances from peloids.

Направления использования гуминовых кислот

Л.В. Шишмина, Н.В. Чухарева

Томский политехнический университет, shishmina@ngf.tomsk.ru

В статье представлен обзор направлений использования гуминовых кислот из разных источников и препаратов на их основе в промышленности и сельском хозяйстве. Отмечена перспективность работ по использованию гуминовых кислот как природных детоксикантов комплексного действия.

Наличие активных кислых групп в макромолекулах ГК, обуславливающих способность к ионному обмену, к комплексообразованию с polyvalentными катионами и окислительно-восстановительным реакциям, открывают широкие возможности использования их в различных отраслях промышленности и сельского хозяйства.

Положительное влияние ГК на растения было обнаружено многими исследователями [1-7]. В настоящее время накоплен обширный материал, свидетельствующий о влиянии ГК на повышении урожайности сельскохозяйственных культур. Имеется значительный опыт практического исполь-

зования различных видов гуминовых удобрений и стимуляторов роста растений в разнообразных почвенно-климатических условиях. Установлено, что под воздействием гуматов усиливается аппарат клетки, ответственный за передачу информации при синтезе белков.

Многие авторы [1, 8] считают, что присутствие в ГК хиноидных группировок, карбоксильных групп и фенольных гидроксидов предопределяет их физиологическую активность. Хиноны являются катализаторами окислительно-восстановительных реакций, протекающих через стадию образования радикалов типа семихинонов.

По данным [1] наличие радикалов семихинонового типа вносит значительный вклад в парамагнетизм гумусового вещества. Рассматривая взаимосвязь между физиологической активностью и структурой ГК, Наумова и соавторы [2] отмечают, что образцы ГК с более высоким содержанием функциональных групп, высокой степенью ароматизации и уровнем парамагнетизма обладают наиболее сильным биологическим воздействием на ростовые процессы.

Авторы [8, 9] отмечают положительное влияние ГК на адаптогенные свойства растений к канцерогенам и на стойкость живого организма к кислородному голоданию. В работах [10, 11] доказан высокий антиоксидантный эффект гумата натрия, что позволяет использовать этот препарат в медицине, ветеринарии и животноводстве в качестве лекарственного средства, повышающего сопротивляемость организма к воздействию неблагоприятных факторов

Ранее буроугольные и торфяные гуматы находили применение в качестве химических реагентов регулирующих свойства дисперсных систем, в частности, для стабилизации глинистых суспензий [12]. Сырьем для приготовления этих препаратов – углещелочных реагентов (УЩР) и торфощелочных реагентов (ТЩР) - служили угли, имеющие выход ГК не менее 30 % при однократном извлечении, и торфа с содержанием ГК не менее 25–30 % (степень разложения 30 % и более) [1]. При этом было установлено, что препараты торфов и бурых углей с более высоким содержанием активных кислых групп, по сравнению с УЩР из окисленных углей имеют лучшие показатели [12].

По мере насыщения катионами водные растворы гуматов постепенно изменяют коллоидно-химические свойства и агрегативную устойчивость вплоть до коагуляции [13-16].

В настоящее время существует несколько направлений изменения свойств гуматов:

- модификация исходного сырья и технологии производства гуматов;
- комбинирование гуматов с другими химическими реагентами;
- химическая модификация самих ГК путем введения новых функциональных групп в их макромолекулу.

В настоящее время буроугольные гуматы используются в производстве керамики, в качестве добавки в разжижитель керамического шликера. Исследования системы глина – вода – гумат натрия показали, что в количестве 0.0002 % гумат натрия снижает вязкость суспензии в 12 раз. Использование модифицированного буроугольного гумата натрия Семёновского завода горного воска, жидкого стекла и кальцинированной соды, позволило повысить текучесть шликера по сравнению с использованием обычного гумата на 40 %, прочность сырца на изгиб - на 20 % и снизить его влажность на 15 % [15].

Исследование [17] возможности использования гуматов натрия термообработанных торфов в качестве флотореагентов показало положительное влияние термомодификации торфа на поверхностно-активные свойства ГК: при флотации коксующегося угля марки К с добавкой гуматов натрия из термообработанных торфов зольность флотоконцентрата снижается на 1.5 %.

Применение ГК в производстве железобетонных конструкций повышает прочность изделий. Торфяные гуматы используются в качестве разжижителя шламов на цементных, меловых и известковых заводах. В работе [18] отмечено положительное влияние добавок гуматов натрия из термообработанного торфа на прочностные свойства бетона, по сравнению с добавками из исходного торфа, замедляющими твердение бетона. Проведенные исследования показали, что добавки гуматов термообработанных торфов в количестве 0.004 % можно использовать в качестве ПАВ в технологии производства бетона. При затворении бетонных смесей с добавкой получен бетон повышенной прочности при уменьшении расхода воды затворения на 9 %.

Гуматы натрия были испытаны на Кузнецком металлургическом комбинате в качестве комкующего агента при агломерации железных руд. Выявлено, что гуматы имеют преимущество перед другими связующими благодаря невысокой вязкости. Они не вносят в агломерационную шихту минеральные вещества, не повышают содержание углерода и не требуют подогрева перед смешиванием [1].

Использование гуматов как связующих при брикетировании углей, описанное в работе [19], указывает, что ГК и их соли предлагались и ранее другими исследователями в качестве полярных присадок для брикетирования каменноугольной мелочи, но практического применения они не нашли, т.к. качество брикетов не отвечало требованиям по водостойкости. Изучение ГК [1, 13] показало, что различие в свойствах обусловлено характером катиона гуматов. В качестве связующих предпочтительнее использовать не гуматы натрия, а аммониевые соли ГК, которые под действием температуры превращаются в амидокислоты, не растворимые в воде. Прочность брикетов, по мнению [19], зависит от природы сырья, степени

конденсированности ГК, содержания и места расположения функциональных полярных групп.

ГК торфа были апробированы [20, 21] в качестве ингибиторов коррозии. Установлено, что степень защиты зависит от ботанического состава торфа, и уменьшается в ряду: низинный (70–98 %); переходный (67–88 %); верховой (41–78 %).

Способность ГК к комплексообразованию делает возможным их использование в качестве сорбентов. Экологическая роль ГК в гидросфере связана с образованием ГК прочных комплексов хелатного типа с тяжелыми и радиоактивными металлами, что приводит к снижению токсичности металлов [22, 23]. Тем самым открываются новые возможности в решении проблемы очистки сточных вод, в частности, металлургических производств с помощью не дорогих сорбентов. Испытание [24] образцов исходного и гранулированного (фракция 0.5–1.0 мм) торфа в качестве фильтра производственных стоков, содержащих ионы Zn^{2+} , Ni^{2+} , Cu^{2+} , показало, что гранулированный фильтрующий материал обладает большей механической прочностью, химической стойкостью и хорошей сорбционной активностью.

Авторами [25] гранулированные химически модифицированные гуматы подвергались термообработке до 500°C, что позволило получить сорбенты с высокой статической обменной емкостью: до 6–7 мг-экв/г.

При очистке шахтных сточных вод сорбентом на основе сульфогумата с формальдегидом методом атомно-эмиссионной спектроскопии установлено полное удаление катионов кальция и магния за один цикл очистки. Кроме того, термообработанные сорбционные материалы имеют большую механическую прочность при истирании по сравнению с гранулированным в этих же условиях бурым углем.

Согласно исследованиям, проведенным в Тверском государственном техническом университете, перспективным направлением использования ГК каустобиолитов является их применение в качестве сомономеров при синтезе высокомолекулярных соединений. В работах [26, 27] отмечено, что ГК влияют на степень полимеризации полимерных материалов и придают им ряд новых ценных свойств: повышение термо- и светостойкости, прочности.

В работах [27–30] показано положительное влияние торфяных ГК на свойства термостойких клеевых композиций на основе эпоксидных смол. При переходе от торфяных ГК к буроугольным, механическая прочность клеевого шва уменьшается. А при введении в композицию ГК осокового торфа прочность клеевых соединений намного выше и находится в прямо пропорциональной зависимости от количества функциональных групп по сравнению с ГК древесного торфа.

В исследованиях [31] установлено, что ГК хорошие свето- и термостабилизаторы лакокрасочных композиций. Модификация покрытий торфяными ГК приводит к улучшению их физико-механических свойств.

Интенсивное поглощение ГК в видимой области электромагнитного излучения, т.е. цветность ГК, обуславливается наличием в их макромолекуле большого числа хромофорных группировок. В связи с этим перспективным является применение ГК в мебельном производстве. В работе [31] предложена методика получения красителя путем однократного экстрагирования бурого угля 1–2 % раствором моноэтаноламина при температуре экстракции 50°C. Полученный гумат обладает хорошим коэффициентом цветности, количество токсичных элементов красителя укладывается в диапазон ПДК.

В Институте проблем использования природных ресурсов и экологии НАН Беларуси разработан способ получения торфяных гуминокислотных красителей для древесины, характеризующихся повышенным показателем цветности. Полученные в результате обработки торфа щелочным реагентом гуминовые красители выпускаются в виде водного раствора по сухому веществу или в виде темно-коричневого порошка [32]. По качеству и свойствам они относятся к лучшим образцам этого класса природных пигментов.

Сотрудниками Тверского государственного технического университета [33] проведены работы по внедрению ГК в качестве сомономеров-модификаторов при производстве капронового волокна. Предложен способ окрашивания капрона в гамму коричневых тонов. Полученный краситель был также апробирован для окраски вискозного волокна в бежево-коричневые тона. Разработки показали эффективность окрашивания смеси полиамида с полиуританом, капровискозы и капрона.

В Институте горючих ископаемых в течение последних лет были проведены работы по исследованию химически модифицированных гуминовых веществ для создания эффективных и экономичных поглотителей при очистке точных вод от тяжелых металлов, нефтепродуктов, красителей и других вредных примесей. Разработаны технологии получения твердых угольных катионитов и жидких гель-сорбентов из бурых углей Канско-Ачинского и Южно-Уральского бассейнов. Угольные поглотители были испытаны на технологических сточных водах и кислых шахтных водах [34]. При использовании твердых катионитов степень извлечения металлов составляла 70–100 %.

Таким образом, гуминовые кислоты имеют огромный потенциал применения в промышленных и сельскохозяйственных целях.

Особенностью настоящего времени является развитие работ по применению гуминовых кислот в экологических целях, в том числе и в нефте-

добыче. Работы развиваются по следующим направлениям: детоксикация почв, рекультивация загрязненных и нарушенных земель, очистка сточных вод и т.д. [35-38].

Авторами [36] разработана и внедрена технология производства гуминовых сорбентов под торговым названием гумигель, которые содержат в реакционноспособной и биологически активной форме гуминовые кислоты. Гумигель способен активизировать деятельность почвенных микроорганизмов и тем самым ускорить процесс очистки почв от нефтяного загрязнения. Внесение гумигеля в больших дозах приводит к адсорбции на нем нефти и нефтепродуктов. Испытания гумигеля показали, что препарат особенно эффективен в тех случаях, когда содержание нефти в почве не превышает 1–2 %.

Технологии санации почв, загрязненных неорганическими и органическими экотоксикантами, с использованием гумигеля основаны на том, что он, являясь в исходном состоянии водорастворимым веществом, необратимо связывает ионы тяжелых металлов, образуя водонерастворимые соединения. Связанные ионы тяжелых металлов теряют способность мигрировать в окружающую среду, например, в почвенные воды и растения. При малых дозах гумигель регулирует подвижность тяжелых металлов, вследствие чего их содержание в почве и растениях не превышает значений ПДК. При больших – практически полностью исключает миграцию тяжелых металлов.

Технологии создания плодородных техногенных почв на искусственных и естественных грунтах, а также восстановления естественного почвенного покрова также основаны на внесении в грунты гумигеля. В этом случае он играет роль «техногенного гумуса».

Технологии утилизации осадков сточных вод (ОСВ) посредством их детоксикации и использования в качестве органоминеральных удобрений также основаны на свойстве гуминового концентрата необратимо связывать тяжелые металлы, сорбировать и разлагать органические и хлороорганические соединения.

В настоящее время разработаны технологии утилизации ОСВ в качестве изолирующих грунтов на полигонах твердых бытовых отходов (ТБО). Они основаны как на необратимом связывании и сорбции экотоксикантов, так и на придании ОСВ водоизолирующих (водоупорных) свойств под влиянием вводимых в ОСВ или гумигеля, или гуминовых кислот в форме гумино-минерального концентрата, или гумино-минерального реагента, а также в форме препарата «Флорис». ОСВ, обработанные этими препаратами, не подвержены минерализации с выделением метана, разогреванию и самовозгоранию.

При этом решаются три крупные проблемы: ОСВ утилизируются, т.е. земли освобождаются от иловых полей; предотвращается загрязнение

почв, подземных и поверхностных вод токсичными веществами и фильтратом; исключается использование природных грунтов (глин, суглинков) для обустройства изолирующих слоев на полигонах.

Осадки сточных вод, обработанные вышеупомянутыми гуминовыми препаратами могут применяться и для создания завершающего, рекультивированного слоя, т.к. при этом используется ценность органических составляющих ОСВ как удобрений и одновременно исключается проникновение в растения и на рельеф местности токсикантов.

Таким образом, применение данного метода позволяет одновременно решить задачи утилизации ОСВ и повышения экологической безопасности в районах размещения полигонов захоронения отходов.

Для Томской области перспективность практического использования гуминовых кислот как природных детоксикантов комплексного действия определяется значимыми ресурсами торфа, как их источника, накопленным опытом исследовательских организаций по способам модификации гуминовых кислот и широким кругом практических задач, в частности, по защите окружающей среды от воздействия предприятий нефтегазодобывающего комплекса и трубопроводного транспорта нефти.

Литература

1. Кухаренко Т.А. Окисленные в пластах бурые и каменные угли. М., 1972. 216 с.

2. Наумова Г.В., Стригуцкий В.П., Жмакова Н.А. и др. Связь молекул структуры гуминовых кислот и их биологической активности // Химия твердого топлива. 2001. № 2. С. 3-18.

3. Чуков С.Н., Талашкина В.Д., Надпорожская М.А. Физиологическая активность ростовых стимуляторов и гуминовых кислот почв // Почвоведение. 1995. № 2. С. 169-173.

4. Аляутдинова Р.Х., Екатеринина Л.Н., Вишнякова Л.В. Уголь, как сырье для получения гуминовых препаратов, повышающих урожайность сельско- хозяйственных культур // Кокс и химия. 1984. № 12. С. 37-39.

5. Наумова Г.В., Косоногова Л.В., Жмакова Н.А. Биологически активные препараты стимулирующего и фунгицидного действия на основе торфа // Химия твердого топлива. 1995. № 2. С. 82-88.

6. Тишкович А.В. Производство и применение торфогуминовых удобрений в Белорусской ССР // Гуминовые удобрения. Теория и практика их применения. Днепропетровск, 1973. Т. 4. С. 214-217.

7. Наумова Г.В., Райцина Г.И., Косоногова Л.В. и др. Гуминовые препараты торфа и их эффективность при сельскохозяйственном использовании // Химия твердого топлива. 1991. № 1. С. 95-99.

8. Наумова Г.В., Стригуцкий В.П., Жмакова Н.А. и др. Связь молекул структуры гуминовых кислот и их биологической активности // Химия твердого топлива. 2001. № 2. С. 3-18.

9. Юдина Н.В., Писарева С.И., Филиппова Т.А. и др. Гуминовые стимуляторы роста растений // Химия твердого топлива. 1997. № 3. С. 108-111.

10. Лотош Т.Д. Экспериментальные основы и перспективы применения препаратов гуминовых кислот торфа в медицине и сельскохозяйственном производстве // Биологические науки. 1991. № 10. С. 99-102.

11. Зярко А.И. Применение гумината в животноводстве // Торфяная промышленность. 1984. № 3. С. 32-36.

12. Лиштван И.И., Косаревич И.В. Буровые растворы на основе модифицированного торфа // Торфяная промышленность. 1984. № 1. С. 22-23.

13. Лиштван И.И., Круглицкий Н.Н., Третинник В.Ю. Физико-химическая механика гуминовых веществ. Минск, 1976. 264 с.

14. Гирина Л.В., Шаранова И.Е., Клинк А.А. и др. Механохимический способ получения сульфированных буроугольных гуматов // Пути переработки углей Украины. Киев, 1988. С. 107-115.

15. Неронин Н.К., Сапунов В.А. Применение гуматного препарата в производстве керамики // Химия твердого топлива. 1991. № 1. С. 100-102.

16. Филиппенко Т.А., Басенкова В.Л., Ильинская И.В. О влиянии добавок разжижителей и гранулометрического состава водоугольных суспензий на их реологические свойства // Химия твердого топлива. 1989. № 5. С. 104-108.

17. Шишмина Л.В., Чухарева Н.В., Кравцов А.В. Влияние торфяных гуматов на флотацию угля // Кокс и химия. 2002. № 2. С. 7-9.

18. В.А. Лотов, С.Г. Маслов, Чухарева Н.В. Регулирование реологических свойств цементного теста торфяными гуматами // Техника и технология силикатов. 2004. № 3-4. С. 26-29.

19. Гумаров Р.Х.. К вопросу о механизме образования брикетов из каменноугольной мелочи с присадкой полярных связующих // Угли средней Азии и пути их использования. Ташкент, 1968. С. 120-125.

20. Романенко И.В., Баранов С.Н., Волошин В.Ф. и др. Использование продуктов переработки угля для получения промышленных ингибиторов коррозии // Пути переработки углей Украины. Киев, 1988. С. 10-13.

21. Гаврильчик Л.И., Быстрая А.В., Соловьев В.Л. и др. Ингибиторы коррозии металла на основе гуминовых кислот торфа // Торфяная промышленность. 1991. № 8. С. 30-33.

22. Ступникова Т.В., Дегопа Н.Н., Зубкова Ю.Н. Использование взаимодействия гуматов с катионами тяжелых металлов при очистке промышленных сточных вод // Биологические науки. 1991. № 10. С. 118-125.

23. Феоктистов В.М., Морозов А.К., Заличева И.Н. Влияние гуминовых веществ Magna на токсичность меди и цинка для *Daphnia* // Биологические науки. 1991. № 10. С. 130-135.

24. Белькевич Л.И., Рогач Л.М., Соколова Т.В. и др. Перспективы использования гранулированного торфа для очистки производственных стоков от ионов цветных металлов // Физические основы процессов торфяного производства. Калинин, 1985. С. 32-35.

25. Любченко В.И., Думбай И.Н., Губанова Е.Н. и др. Гранулированные сорбционные материалы на основе гуматов бурого угля // Химия твердого топлива. 1999. № 2. С.32-35.

26. Трофимова Н.И. Использование гуминовых кислот каустобиолитов для модификации полимеров. Автореферат дисс. канд. техн. наук. Калинин, 1979. 26 с.

27. Ряшенцев К.В., Трофимова Н.И., Голубев А.И. К вопросу использования гуминовых кислот каустобиолитов в качестве сомономеров // Химия гумусовых кислот, их роль в природе и перспективы использования в народном хозяйстве / Тез. докл. зональной научно-технической конференции. Тюмень, 1981. С. 64.

28. Алешина В.М., Белякова В.А., Дементьева Т.А. и др. К вопросу о роли компонентов торфа в терморезистивных превращениях композиций на его основе // Применение торфа и продуктов его химической переработки в народном хозяйстве. Калинин, 1978. С. 63-67.

29. Ряшенцев К.В., Трофимова Н.И., Кунин А.М. и др. Использование торфов и бурых углей для модификации эпоксидных смол // Проблемы переработки твердых горючих ископаемых / Тезисы докл. республ. научно-технического совещания. Минск, 1980. С. 94-95.

30. Ряшенцев К.А., Голубев А.И., Лиштван И.и. и др. Улучшение адгезии эпоксидных клеевых композиций // Пластические массы. 1979. № 9. С. 67.

31. Александров И.В., Мочалов В.Ю., Бочарова Г.Б. получение красителей на основе гуминовых веществ из бурого угля // Химия твердого топлива. 1995. № 5. С. 12-17.

32. Лиштван И.И., Маль С.С., Поверкова С.П. и др. Торфяной краситель для мебельной промышленности // Торфяная промышленность. 1982. № 9. С. 20.

33. Гаврильчик А.П., Быстрая А.В., Зобак Л.Т. и др. Торфяной краситель для текстильных материалов // Торфяная промышленность. 1991. № 5. С. 31-34.

34. Головин Г.С., Лесникова Е.Б., Артемова Н.И. и др. Использование гуминовых кислот твердых горючих ископаемых // Химия твердого топлива. 2004. N 6. С. 43-49.

35. Серенькая И.Ю. Рекультивация загрязненных нефтепродуктами земель // Транспорт и хранение нефтепродуктов. 2003. N 6. С. 12–14.

36. Пуцыкин Ю.Г., Шаповалов А.А. Использование гуминовых сорбентов для решения экологических проблем // Транспорт и хранение нефтепродуктов. 2003. N 11. С. 17 – 18.

37. Салем К.М., Гречищева Н.Ю., Перминова И.В. и др. Изучение детоксицирующей способности гуминовых препаратов по отношению к нефтяному загрязнению почв // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. 2004. N 1. С. 34–37.

38. Шульгин А.А. Обоснование актуальности использования бурых и окисленных в пласте каменных углей в качестве источника получения гуминового концентрата // Сборник научных трудов студентов магистратуры Московского государственного горного университета. М., 2005. Вып. 5. С. 168–176.

Humic acids use trends

L.V. Shishmina, N.V. Chukhareva

The article presents review of use trends of humic acids from different sources and chemicals on their basis in industry and agriculture. Availability of humic acids use as natural complex action detoxicants is also mentioned.

Механохимическая активация как способ получения из торфа высокоэффективных препаратов стимулирующего действия

Н.В. Юдина

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

Показаны химические и структурные превращения трудногидролизуемых компонентов водорастворимых веществ, гуминовых кислот и липидов торфа при механоактивации. Выявлено влияние твердых реагентов (гидроксида натрия и целлюлозолитического фермента) на направленность твердофазных химических реакций межклеточных водорастворимых компонентов торфа, приводящих к образованию продуктов с наиболее выгодным набором функциональных групп, определяющих их реакционную способность и биологическую активность.

Применение торфа в сельском хозяйстве, химической технологии и медицине стимулирует проведение исследований, направленных на разработку методов комплексной переработки этого сырья. Одной из ключевых задач

переработки торфа является интенсификация процессов выделения экстрактивных веществ – гуминовых кислот (ГК), фенолов, полисахаридов, липидов и других соединений, представляющих практический интерес.

Обычно для полноты извлечения целевых компонентов из торфа применяют многократную обработку растворителями различной полярности. Недостатком традиционной экстракционной технологии являются: использование токсичных и пожароопасных органических растворителей, низкая степень извлечения, многократное повторение экстрагирования и, как следствие, повышение производственных затрат и загрязнение окружающей среды [1].

Следует также подчеркнуть, что высокомолекулярные соединения, связанные в торфе в сложные органо-минеральные комплексы, не могут быть полностью выделены из него без дополнительной обработки, в частности, без диспергирования [2-5]. Вследствие уменьшения размера частиц снимаются диффузные затруднения, наблюдающиеся при взаимодействии больших частиц с экстрагентом. В ходе механической обработки разрушаются липидные оболочки клеточных структур. Они перестают быть препятствием для проникновения растворителя в частицы растительного сырья, что облегчает экстракцию. Диспергирование вызывает изменения в пористой надмолекулярной структуре, физическом состоянии и свойствах торфов и увеличивает эффективность экстракции [6-8].

Механохимические методы обработки торфов основаны на твердофазном превращении этих веществ в растворимые формы путем механической обработки смесей порошков растительного сырья и специально подобранных реагентов [8-10]. Ударно-сдвиговое воздействие сопровождается измельчением и разупорядочением структуры торфа. Использование предварительной механической активации торфа позволяет достигать максимальной эффективности на стадии последующего экстрагирования. Существенными преимуществами использования механохимического подхода являются: исключение из технологии большого количества химических реагентов и сброса сточных вод, снижение материальных и трудовых затрат на производство.

Однако наиболее экономически эффективным оказываются варианты, в которых возможно непосредственное использование продукта механохимического превращения в качестве готовой формы препарата, например, регулятора роста. Так, перспективы дальнейшего развития растениеводства связывают в частности, с широким использованием регуляторов роста растений – фитогормонов [11]. Современные синтетические регуляторы роста, как правило, нельзя назвать экологически чистыми. Химическая опасность и высокая стоимость ограничивают их широкое применение. Твердофазная механохимическая переработка растительного сырья может

сделать получение регуляторов роста растений из торфов доступными для массового использования.

Механоактивация (МА) торфов проводится в мельницах-активаторах двух типов: в проточной виброцентробежной мельнице ВЦМ-10 и планетарной мельнице АПФ-4 (разработка Института химии твердого тела и механохимии СО РАН, г. Новосибирск). Используемые мельницы-активаторы ВЦМ-10 и АПФ-4 различаются по характеру и интенсивности воздействия. Вне зависимости от аппаратного оформления процесса МА можно представить как сочетание ударной и сдвиговой деформации на контактах между воздействующими телами и частицами твердого вещества. Обработка в ВЦМ характеризуется более выраженным сдвиговым воздействием – истиранием, а в мельнице АПФ-4 – ударным воздействием. Помольные барабаны мельницы ВЦМ выполнены в виде двух труб, которые разделяются на три секции, заполненные мелющими элементами – металлическими шарами и стержнями. (рис. 1а).

В конструкции планетарной мельницы-активатора АПФ-4 с периодической загрузкой используются четыре барабана, вращающихся вокруг центральной и собственной оси (рис. 1б).

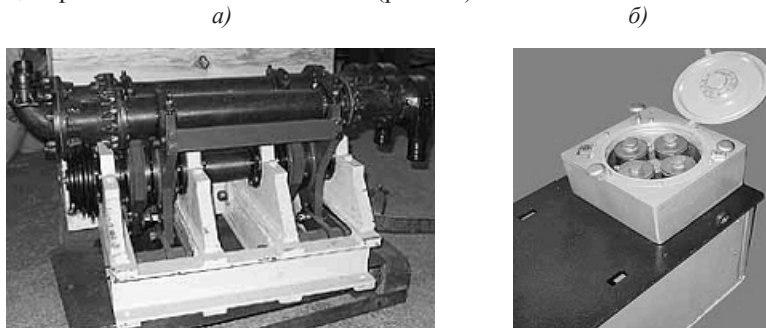


Рис. 1. Общий вид виброцентробежной мельницы ВЦМ-10 (а) и планетарной мельницы АПФ-4 (б).

Измельченный торф и реагенты подвергаются обработке в течение 2-5 минут при комнатной температуре. В качестве реагентов можно применять твердые щелочи и целлюлозолитический фермент целлювиридин (ЦВ). Условия механохимической обработки торфов приведены в таблице 1. Эффективность МА оценивают по изменению компонентного состава и свойств выделенных фракций. Для их выделения исследователи используют разные методы экстракции. Мы придерживаемся классической комплексной схемы, разработанной для растительного сырья и отличающейся более мягкими условиями последовательной экстракции в следующем по-

рядке: полисахариды (ПС) и полифенолы (ПФ) ($t=95^{\circ}\text{C}$), липиды (CH_3Cl) и ГК (0.1N NaOH и 10 % HCl).

Условия механохимической обработки торфов

Тип мельницы-активатора	Условия обработки
ВЦМ-10, АПФ-4	Исходный торф (без механообработки)
	Механообработка без добавок
	Механообработка с 0.5 % ЦВ
	Механообработка с 3 % NaOH

Изменения в составе и свойствах фракций механоактивированных торфов можно определить на основе комплекса физико-химических методов анализа: ИК-спектроскопия, ЯМР ^{13}C -спектроскопия, ГЖХ, гель-проникающая хроматография, ВЭЖХ. Содержание металлов и микроэлементов в механоактивированных образцах торфов определяется рентгенофлюоресцентным методом.

В зависимости от условий проведения механохимической обработки торфов возможно получение препаратов, содержащих повышенные концентрации отдельных выделяемых компонентов: ГК, ПС, ПФ (рис. 2).

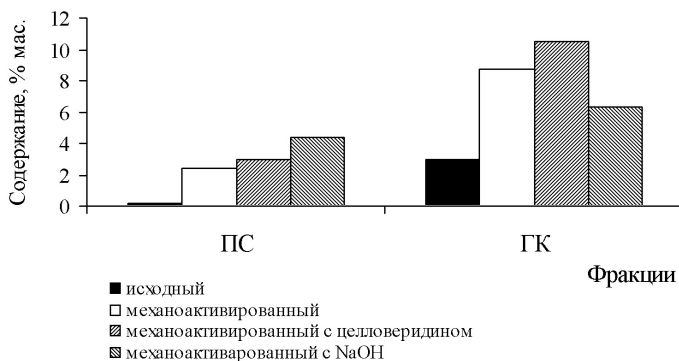


Рис. 2. Изменение выхода ПС и ГК в зависимости от условий механообработки

Интенсивная механическая обработка с целлюлозолитическим ферментом и щелочью повышает эффективность экстрагирования водорастворимых компонентов в 5-7 раз за счет увеличения выхода полифенольных и полисахаридных соединений. Выход ГК в результате механохимической обработки увеличивается в 1.5 раза.

Что же происходит с молекулярной массой механоактивированного торфа? Оценить изменение величины молекулярной массы можно с помощью гель-проницающей хроматографии. Гель-проницающая хроматография позволяет фракционировать компоненты в соответствии с их молекулярными массами. Кривые молекулярно-массового распределения характеризуются смещением пиков и изменением величины оптической плотности, что свидетельствует о химических преобразованиях веществ (рис. 3). Изменяется состав полисахаридов торфа. При этом главным результатом механохимических превращений является разрыв связи между мономерами и образование полимеров меньшей молекулярной массы (уроновые кислоты и оксиароматические соединения).

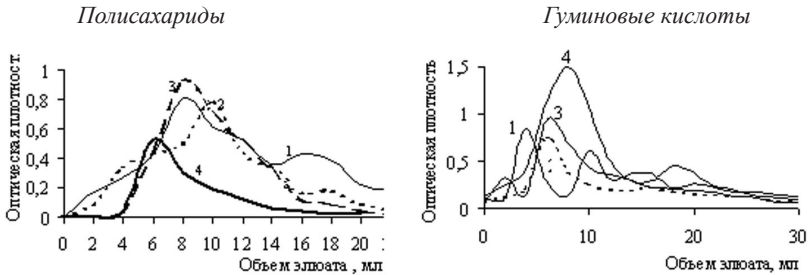


Рис. 3. Гель хроматограммы ПС и ГК на сефадексе: 1-исходный, 2- механообработка, 3- механообработка с целлювиридином (ЦВ), 4- механообработка с NaOH.

Отмечаются изменения и гуминовых веществ. В процессе механохимических превращений за счет разрыва химических связей С-О различного типа, С-Н, протекания процессов окисления в макромолекулах ГК увеличивается доля углерода в окисленных ароматических фрагментах, карбонильных группах и алкильных заместителях. В свою очередь повышение количества гидрофильных групп и фрагментов способствует увеличению растворимости ГК. Необходимо отметить важное свойство ГК – их биологическую активность. Непосредственно на растение оказывают действие фрагменты гуминовых веществ, которые образуются при биохимическом и химическом разложении. Причем, по мнению одних исследователей [12] наибольшей физиологической активностью обладают более ароматизированные фракции торфяных кислот, другие [13] отмечают повышенную активность ГК, содержащих большее количество периферических полисахаридных фрагментов.

Таким образом, обнаружены ранее неизвестные химические превращения трудногидролизуемых компонентов торфа в условиях механической об-

работки смесей порошков торфа и твердых реагентов. Направленность твердофазных химических реакций компонентов торфа приводит к образованию продуктов с наиболее выгодным набором функциональных групп, определяющих их реакционную способность и биологическую активность.

С помощью механохимической обработки торфа с твердыми щелочами можно получать механокомпозиты, содержащие водорастворимые компоненты в повышенных концентрациях. Установлено, что водорастворимые вещества механоактивированного торфа стимулируют рост корневой системы проростков пшеницы, оказывают стимулирующее действие на процессы морфогенеза *in vitro* в культуре изолированных почек рапса. Изучаемые препараты способны стимулировать рост каллуса и выполнять функцию цитокинина по индуцированию органогенеза и регенерации каллуса рапса.

Наиболее эффективным представляется непосредственное использование продуктов механохимической обработки в качестве готовой формы биологически активного препарата. Присутствие в продукте биологически доступных (водорастворимых) форм целевых веществ является необходимым условием успешной реализации такого подхода.

Литература

1. Ломовский О.И., Болдырев В.В. Механохимия в решении экологических задач. Новосибирск, 2006. 221 с.
2. Лиштван И.И. Базин Е.Т. Гамаюнов Н.И. и др. Физика и химия торфа. М., 1989. 304 с.
3. Раковский В.Е., Пигулевская Л.В. Химия и генезис торфа. М., 1978. 231 с.
4. Камнева А. И. Химия горючих ископаемых. М., 1974. 272 с.
5. Spedding P.J. Peat // Fuel. 1988. V. 67. № 6. P. 883-893.
6. Ломовский О.И., Белых В.Д. Механохимическая экстракция водорастворимых компонентов из растительного липидсодержащего сырья // Обработка дисперсных материалов и сред / Периодический сборник научных трудов. Одесса, 2000. № 10. С. 71-75.
7. Хренкова Т.М. Механохимическая активация углей. М., 1993. 176 с.
8. Кашинская Т.Я., Гаврильчик А.П., Калилец Л.П. и др. Изменение химического состава торфа при диспергировании // Химия твердого топлива. 1997. № 6. С. 14-24.
9. Юдина Н.В., Зверева А.В., Ломовский О.И. Механохимические превращения в торфах различных типов // Химия твердого топлива. 2002. № 5. С. 3-10.
10. Иващенко Г.Л., Шахтшнейдер П.Т., Болдырев В.В. Механохимическая активация как способ получения водорастворимых форм хитина и

хитозана в твердой фазе // Химия в интересах устойчивого развития. 2002. Т. 10. № 1. С. 69-76.

11. Муромцев Г.С., Данилина Е.Э. Состояние исследований по регуляторам роста в России // Физиология растений. Вып. 41. № 5. С. 779-787.

12. Драгунов С.С. Химическая характеристика гуминовых кислот и их физиологическая активность // Гуминовые удобрения. Теория и практика их применения. Днепропетровск, 1980. Т. 7. С. 5-22.

13. Корбанюк Р.А., Кравченко П.А., Кравченко П.Н. Сравнительная характеристика физиологически активных препаратов гумусовой природы методом инфракрасной спектроскопии // Гуминовые удобрения. Теория и практика их применения. Днепропетровск, 1980. Т. 7. С. 22-31.

Mechano-chemical activation as the method of reception from peat of highly effective preparations of stimulating action

N.V. Yudina

Chemical and structural transformations difficult-to-hydrolysis components of water-soluble substances, humic acids and peat lipides at mechanical activation are shown. Influence of firm reagents on an orientation solid phase the chemical reactions of intercellular water-soluble components of peat resulting in formation of products with the most favourable set of functional groups, determining their reactionary ability and biological activity is revealed.

Правовая и технологическая готовность России к развитию рынка альтернативной энергетики, связанной с использованием возобновляемых источников энергии

Н.И. Бугаенко¹, Р.А. Федотов²

¹ООО «Кросторф», г. Красноярск, bug54@mail.ru

²ООО «Экоэнергоресурс», г. Красноярск, ekoen@peterstar.ru

Показана перспективность использования торфа в энергетике. Сформулированы основные положения развития рынка альтернативной энергетики.

Важность и злободневность вопросов энергоэффективности в решении проблем малой энергетики жилищно-коммунального хозяйства (ЖКХ) страны диктует необходимость вовлечения в её энергетический баланс возобновляемых источников энергии (ВИЭ), к которым относится и торф.

Под энергоэффективностью понимается удельный расход топлива и энергии на производство единицы продукции, работ и услуг, выраженный в натуральных или стоимостных единицах измерения. Снижение удельных расходов является признаком (индикатором) повышения энергоэффективности.

В развитых странах мира вследствие энергоэффективной экономики на 1 % прироста внутреннего валового продукта (ВВП) приходится в среднем лишь 0.4 % прироста потребления энергоносителей в год. В результате такой политики энергоёмкость ВВП в мире в среднем уменьшилась за последние 20 лет на 19 %, а в развитых странах – на 21-27 %.

В России энергоёмкость валового внутреннего продукта не снижалась, а увеличилась, например, в 1990–1998 годах – на 20 %. На современном этапе удельная энергоёмкость ВВП страны в 2.5 раза выше среднемирового показателя и в 3.5 раза выше энергоёмкости ВВП Японии.

Стратегическая задача государства и общества заключается в том, чтобы определить пути более эффективного использования энергетических ресурсов как важнейшего национального достояния страны, предназначенного для решения задач по удвоению ВВП и качественного повышения уровня жизни населения. Достижение этих целей возможно при снижении энергетических и, как следствие, материальных затрат общества на свое развитие.

Федеральная целевая программа «Энергоэффективная экономика» на 2007-2010 годы и на перспективу до 2015 года должна стать одним из основных механизмов реализации государственной политики в сфере энергосбережения. Кроме этого положительные результаты должно дать выполнение программ, связанных с наукоёмкими энергетическими технологиями в рамках подпрограммы «Модернизация инфраструктуры ЖКХ». Одной из главных задач в этих программах, является необходимость использования местных видов энергетического сырья, включая нетрадиционные возобновляемые источники энергии, вклад которых в топливно-энергетический баланс (ТЭБ) страны должен достичь к 2015 году 20 млн. тонн условного топлива (т.у.т.). За счет проведения программных мероприятий на 20 % снизится доля дальнопривозных теплоэнергетических ресурсов (ТЭР) в ТЭБ регионов. Затраты федерального бюджета на энергообеспечение бюджетной сферы (в общем объеме средств на ее содержание) к концу реализации программы будут снижены на 15 % от базового уровня.

Неволин В.Ф. приводит следующую классификацию энергетического сырья:

- 1) первичное древесное топливо (дрова, лесосечные отходы, щеп, энергетический лес и т.д.);
- 2) вторичное древесное топливо (кора, опилки, стружка, гранулы, пеллеты, брикеты, древесный уголь);

3) утилизированное древесное топливо (отработанные щелока целлюлозного производства, бумажное и картонное вторсырье);

4) недревесные биомассы (солома, отходы растениеводства, энергетические травы и т.д.);

5) утилизационное топливо из промышленных и бытовых отходов (биогаз, в том числе от анаэробной очистки бытовых и промышленных стоков);

6) жидкие виды биотоплива (спирт, дизельное топливо на основе растительных масел, топливо из рапсового масла и т.д.).

В настоящее время эти виды биотоплива применяются в незначительных количествах, но с каждым годом показатели будут расти в связи с постоянным ростом стоимости нефтепродуктов.

Как следует из данной классификации, торф не входит в число возобновляемых источников энергии, что представляется нам не соответствующим действительности. Существуют и другие классификации энергетического сырья. В соответствии с резолюцией № 33/148 Генеральной Ассамблеи ООН (1978 г.) к нетрадиционным и возобновляемым источникам энергии относятся:

- торф;

- энергия биомассы (отходы лесного комплекса, сельскохозяйственные, коммунально-бытовые и промышленные; энергетические плантации: сельскохозяйственные культуры, древесно-кустарниковая и травянистая растительность);

- энергия ветра;

- энергия солнца;

- энергия водных потоков на суше (гидроэлектростанции мощностью менее 1 МВт – миниГЭС, микроГЭС);

- средне и высокопотенциальная геотермальная энергия (гидротермальные и парогидротермальные источники; сухие, глубоко залегающие горные породы);

- энергия морей и океанов (приливы и отливы, течения, волны, температурный градиент, градиент солености);

- низкопотенциальная тепловая энергия (почв и грунтов, зданий и помещений, сельскохозяйственных животных).

Таким образом, в этой классификации первостепенное значение уделено торфу. Торф – это, безусловно, возобновляемый природный материал растительного происхождения, и ежегодно на Земле образуется около 3 млрд. м³ новых залежей торфа.

Перспективность использования торфа в сочетании с другими возобновляемыми источниками энергии хорошо видно на примере Красноярского края, где торфяные месторождения находятся в проблемных с точки зрения теплообеспечения районах.

По запасам торфа Россия занимает первое место в мире, что ставит его в ряд перспективных возобновляемых источников малой энергетики России. При этом более высокая по сравнению с черновой древесиной зольность торфа не создаёт проблем, поскольку образующаяся при его сжигании зола экологически безопасна и является ценным природным удобрением, содержащим ряд микроэлементов, столь необходимых для развития растений.

Россия обладает 47 % мировых запасов торфа, что составляет 162 миллиарда тонн только разведанных запасов. На втором месте в мире по запасам торфа стоит Канада – около 40 %. Поэтому Россия, как ни одна другая страна в мире, имеет полное моральное право перед другими странами и перед будущими поколениями расширять использование торфа для нужд малой энергетики.

Интереснейшим направлением расширения видов биотопливной продукции могла бы стать смесь древесины и торфа. При этом понижается зольность и повышается теплота сгорания конечного продукта.

На наш взгляд представляет интерес создание более подробной классификации сырья для биоэнергетики. В неё должны войти все виды древесно-растительной биомассы (древесина, кора, торф, солома, отходы растениеводства и т.д.). Каждый вид сырья должен быть охарактеризован с точки зрения физических свойств и ожидаемых теплотехнических параметров системы при использовании его в качестве топлива. Подобный документ окажет неоценимую помощь как производителям биотоплива, так и поставщикам сырья для него.

Практически все районы России имеют те или иные местные энергетические ресурсы, что позволяет только за счёт использования биоресурсов покрывать значительную часть проблемного теплообеспечения. Следует отметить, что при использовании различных источников энергии, топливная составляющая будет резко различаться по КПД и степени автоматизации разных видов топлива, и разрыв между дальнепривозным углём и местными энергетическими ресурсами будет увеличиваться в пользу последних (табл.).

Рассмотрим перспективу на ближайшие годы. В прогнозе цен до 2010 года с учетом дефляторов Минэкономики по данным Института энергетических исследований и энергетической стратегии России стоимость энергии из биомассы будет самой низкой из всех видов органических топлив.

На современном этапе представлены отопительные системы на топливных гранулах на основе биомассы производства Финляндии, Италии, Чехии, Латвии. В России появились и стали доступными аналогичные технологии сжигания влажной биомассы, работающие в диапазоне от 0.15 до 10 Мвт, например, котлы Ковровского завода «Союз».

*Средний уровень топливной составляющей
в производственной себестоимости (Гкал)*

Топливо	Калорийность, Гкал/кг	КПД сжигания (котла), %	Калорийность с учётом КПД, Гкал/кг	Цена за тонну топлива, руб.	Стоимость 1 Гкал тепла, руб.
Природный газ	7800	90	7020	1600	205
Биотопливо	2400	90	2160	500	230
Уголь дальнепривозной	4300	50	2150	700	325
Мазут	11000	80	8800	8000	910

Применение технологий сжигания влажной биомассы позволяет уже сегодня получать стоимость 1 Гкал тепловой энергии (топливную составляющую в тарифе), сравнимую по цене с полученной на природном газе. Тонна биомассы влажностью 40 % имеет калорийность 2.4 Гкал/т. При КПД сжигания 90 %, обеспечиваемом современными технологиями, из одной тонны биомассы можно получить 2.15 Гкал/т. При цене топлива 500 руб. за тонну стоимость одной гигакалории тепловой энергии, таким образом, составит 233 рубля.

Как известно, топливо с высокой степенью стандартизации (например, топливные гранулы) сжигать очень просто. Технологии и оборудование такого производства характеризуются следующими показателями:

- высокой эффективностью (КПД котлов не ниже 90 %);
- полной автоматизацией процесса горения;
- надёжностью и долговечностью оборудования;
- высокими экологическими характеристиками.

Предприятие Ковровский завод котельного оборудования «Союз» разработал целую линейку котлов мощностью до 3 Мвт. Котлы по мощности, как правило, делятся на 3 группы:

1. Котлы и камины для отопления отдельных помещений. Имеют мощность до 20 кВт, резервуар для гранул, рассчитанный на непрерывное горение от 1 до 3 дней.

2. Котлы малой мощности для центрального отопления в зданиях (коттеджи, школы, больницы, производственные и административные здания и т.д.). Имеют мощность до 100 кВт. Резервуар для гранул устанавливается в зависимости от мощности (потребления) либо в котле, либо отдельно с автоматической шнековой подачей топлива в котел. Емкость резервуара рассчитана на непрерывное горение от 2 до 30 суток.

3. Котлы средней мощности для центрального отопления жилых районов и отдельных домов, промышленных предприятий и социальных объектов. Имеют мощность от 0.1 до 10 МВт; резервуар для гранул устанавливается отдельно и подача в котел осуществляется шнеком, либо пневмотранспортером. Резервуар рассчитывается на непрерывное горение от 2 до 20 суток.

Котлы ООО «Союз» отличаются компактностью, высокой степенью автоматизации и надёжности. Котельные могут исполняться в модульном варианте или размещаться в приспособленных зданиях в кратчайшие сроки. За счёт разработанного проекта повторного применения резко сокращены сроки проектирования. Необходима только привязка проекта.

Важно отметить, что в настоящее время в Европе резко возросло применение топливных гранул. Общий объем потребления превысил уже 4 млн. тонн в год и ежегодно прирастает более чем на треть. Во многих странах, таких как Германия, Швеция, Дания перевод коммунальной энергетики на биотопливо рассматривается как вопрос национального приоритета. Правительствами разработаны меры по предоставлению субсидий и снижению налогов, как производителям, так и потребителям топлива. В Германии, например, для приобретения оборудования и перевода котельной на топливные гранулы каждой семье выплачивается 3.5 тыс. евро.

Понятно, что причины здесь не только экологические, но и экономические. При высоких ценах на газ, дизель, электроэнергию топливные гранулы становятся самым дешевым топливом, обеспечивая при этом те же удобства, что и конкурентные виды топлива.

В последние два года в России резко активизировался государственный интерес к теме использования возобновляемых источников энергии. Проходят обсуждения концепций Законов «О торфе», «О малой энергетике», «Об использовании возобновляемых источников энергии». Для разработки целевых федеральных программ созданы рабочие группы с участием представителей отечественного бизнеса, экологических и общественных организаций в рамках формирующегося Частно Государственного Партнёрства. Согласно предварительным оценкам экономия энергоресурсов на первом этапе может составить 35 млн. т.у.т (в годовом измерении), а при реализации Программы в целом – 100 млн. т.у.т.

При расходах на реализацию Программы в объеме 103.2 млрд. руб. затраты на каждую тонну условного топлива, сэкономленную при энергосберегающих мероприятиях составят около 1370 руб. (сегодняшняя цена около 16000 руб. за тонну). Невыполнение этих программ приведёт к снижению экспорта нефти и нефтепродуктов в объеме 70млн. тонн. В результате экспортная выручка компаний нефтегазового комплекса снизится на

сумму более чем 16 млрд. долл. США в год, а неналоговые доходы федерального бюджета от внешнеэкономической деятельности нефтегазовых компаний сократятся на сумму около 4 млрд. долл. США в год.

Таким образом, можно сформулировать основные положения развития рынка альтернативной энергетики:

- крайне необходимо начать выстраивать взаимовыгодные отношения с властью;
- решать проблемы экологического характера комплексно с проблемами экономического и социального характера;
- установить с рядовым потребителем тепла цивилизованные отношения по принципу: добросовестному продавцу товара тепло, покупатель тепла своевременно оплачивает услуги подобно тому, как он платит в магазине за товар;
- выработать межотраслевой механизм управления формированием биоэнергетической отрасли, который позволит разумно и рационально использовать торф в энергетике. Таким механизмом может стать созданная из профессионалов межотраслевая рабочая группа по разработке федеральной целевой программы.

Разработанная в будущем целевая программа должна предусмотреть весь комплекс вопросов, связанных с охраной и рациональным использованием торфа. Программа должна стимулировать выделение части прибыли, получаемой от энергетического использования торфа, на развитие других сфер применения торфа, на науку и подготовку кадров.

Государство будет вынуждено участвовать в данном партнёрстве, так как в противном случае об успешном реформировании экономики страны в рамках поставленных задач по удвоению ВВП не может быть и речи.

Использованные нормативные документы и материалы

- ФЦП «Энергоэффективная экономика»;
- ФЦП «Жильё», подпрограмма «Модернизация инфраструктуры ЖКХ»;
- Концепция Федерального закона «Об использовании ВИЭ»;
- Проект концепции Федерального закона «О малой энергетике»;
- Концепция использования торфяных ресурсов России;
- Материалы международных, всероссийских, региональных, конференций и форумов;
- Материалы презентаций компаний ООО «Кросторф», ООО «Союз» (Яковлев Ю.В.); «Группы компаний ЭМБИНА» (Мальцев Г.В.); ООО «Экоэнергоресурс» (Федотов Р.А.).

**Legal and technological readiness of Russia
for development of the market of the alternative power connected
to use of renewed energy sources
N.I. Bugaenko, R.A. Fedotov**

Perspectivity of use of peat in power is shown. Substantive provisions of development of the market of alternative power are formulated.

**Использование методов
многомерного статистического анализа в изучении
закономерностей агрохимических свойств торфов**

Л.И. Дубровская¹, Л.И. Инишева²

¹Томский государственный университет, г. Томск, hydro@ggf.tsu.ru

²Сибирский НИИ сельского хозяйства и торфа СО РАСХН,
г. Томск, inisheva@mail.ru

Изложены в лекционной форме основные этапы процесса кластерного и факторного анализа в целях выявления внутренних связей в свойствах сложных многомерных структур, какими являются торфа. Приведён вариант классификации западносибирских торфов сельскохозяйственного назначения, разработанный с применением этих методов.

Многообразие торфов по свойствам приводит исследователя к проблеме обработки огромной массы индивидуальных наблюдений. Есть два пути решения проблемы: отсечь часть характеристик (свойств торфов, в дальнейшем – признаков) и возвратиться к малоразмерным классическим задачам, либо объединить их в группы (в дальнейшем – факторы) для уменьшения признакового пространства. Так возникла задача обратного сведения множества характеристик к небольшому ряду обобщающих параметров, выражающих реально существующие закономерности в наборе данных, и соответственно направление, получившее название «многомерный анализ» [1].

В многомерном анализе постепенно образовались разделы, взаимодополняющие друг друга. Это кластерный анализ, таксономия, распознавание образов, метод главных компонент, факторный анализ [2, 3]. Применяются они в основном в задачах классификации и районирования.

Теоретические основы методов многомерного статистического анализа. Круг основных теоретических и практических задач, решаемых с помощью методов многомерной статистики, заключается в анализе и

выявлении связей внутри комплекса исходных признаков (агрохимических свойств торфа в данной работе); выделении групп случайных признаков, обладающих наиболее сильными связями; оценке вклада ведущих признаков и факторов (последние представляют комплекс генетически однородных характеристик) в общую дисперсию; типизации (группировке) объектов в многомерном пространстве.

Метод кластерного анализа. Совокупность исследуемых объектов (образцов торфа), каждый из которых задан многомерным набором из p признаков (химические и органические свойства), требуется разбить на однородные группы. Полученные в результате разбиения группы обычно называются кластерами (таксонами, образцами).

Математически каждый образец торфа представляется в виде точки в p -мерном пространстве. Наиболее трудным в данной задаче является пункт, связанный с понятием однородности объектов. В общем случае понятие однородности объектов задается введением правила вычисления расстояний $r(x_i, x_j)$ между любой парой объектов исследуемого множества и заданием некоторого способа определения степени близости (сходства) или, наоборот, степени различия кластеров.

Вначале каждое свойство (свойство торфа) будет кластером. На каждом последующем шаге происходит объединение двух наиболее близких кластеров в один. Момент остановки этого процесса можно заказать указанием требуемого числа кластеров или максимального расстояния, при котором допустимо объединение. В результате выделяются формальные иерархические уровни «кластеризации» всех объектов [1], графически представляемые чаще всего в виде дендрограммы – дерева объединения кластеров. Когда данные имеют ясную «структуру» тогда она, скорее всего, должна быть отражена в иерархическом дереве различными ветвями. В результате успешного анализа методом объединения появляется возможность обнаружить кластеры (ветви) и интерпретировать их.

В пакете «Statistica 6.0» предлагается 7 способов вычисления расстояния между объектами и 7 методов объединения их в кластеры на основе рассчитанных расстояний.

Расстояния, используемые в пакете Statistica:

- *Евклидово расстояние* – это наиболее общий тип расстояния.

Оно попросту является геометрическим расстоянием в многомерном пространстве и вычисляется следующим образом:

$$r_{i,j} = \sqrt{\sum_k (x_{k,i} - x_{k,j})^2}$$

где i, j – номера образцов торфа, k – порядковый номер свойства образца торфа.

- *Квадрат евклидова расстояния.* Используется, чтобы придать большие веса более отдаленным друг от друга объектам.

- *Расстояние городских кварталов* (манхэттенское расстояние). Это расстояние является просто средним разностей по координатам (среднее разностей соответственных свойств двух образцов торфа). Для этой меры влияние отдельных больших выбросов уменьшается, так как они не возводятся в квадрат.

- *Расстояние Чебышева.* Это расстояние может оказаться полезным, когда желают определить два объекта как “различные”, если они различаются по какой-либо одной координате (свойству торфа).

- *Степенное расстояние.* Иногда желают прогрессивно увеличить или уменьшить вес, относящийся к признаку, по которому соответствующие объекты сильно отличаются. Например, увеличить вес свойства торфа, более важного для данного исследования.

- *Процент несогласия.* Эта мера используется в случаях, когда данные являются категориальными.

Меры близости между кластерами:

- *Метод ближайшего соседа.* В этом методе расстояние между двумя кластерами определяется расстоянием между двумя наиболее близкими объектами (ближайшими соседями) в различных кластерах.

- *Метод наиболее удаленных соседей.* Этот метод обычно работает очень хорошо, когда объекты существенно различаются и образуют цепочку кластеров.

- *Невзвешенное попарное среднее.* Метод эффективен, когда объекты в действительности формируют различные классы, однако он работает одинаково хорошо и в случаях протяженных (“цепочного” типа) кластеров.

- *Взвешенное попарное среднее.* Этот метод рекомендуется использовать, когда предполагаются неравные размеры кластеров.

- *Невзвешенный центроидный метод.* В этом методе расстояние между двумя кластерами определяется как расстояние между их центрами тяжести.

- *Взвешенный центроидный метод.* Если подозреваются значительные отличия в размерах кластеров, то этот метод оказывается предпочтительнее предыдущего.

- *Метод Варда* (Ward, 1963). Этот метод отличается от всех других, поскольку он использует методы дисперсионного анализа для оценки расстояний между кластерами. В целом метод представляется очень эффективным, однако он стремится создавать кластеры малого размера.

Результаты кластеризации сильно зависят от выбранного метода и эта зависимость тем сильнее, чем менее явно изучаемая совокупность данных разделяется на группы объектов. Недостатком кластерного анализа явля-

ется отсутствие разработок по проверке адекватности результатов, поэтому при выборе окончательного варианта очень важны интуиция и знания исследователя в данной предметной области, а также дублирование другими методами.

Метод факторного анализа. Базовая идея факторного анализа состоит в том, что структура связей между p признаками (свойствами торфов) может быть объяснена тем, что эти переменные зависят от меньшего числа других, непосредственно не измеряемых (внутренних, латентных, скрытых) параметров, причём, число их m значительно меньше числа анализируемых параметров. Эти «скрытые» параметры называются общими факторами и конструируются в большинстве моделей так, чтобы они оказались взаимно некоррелированными [2].

Конечная цель статистического исследования, проводимого с привлечением аппарата факторного анализа, состоит в выявлении и интерпретации общих факторов со стремлением минимизировать их число. Таким образом, факторный анализ представляет собой набор методов и моделей, предназначенных для «сжатия» информации. Снижение размерности возможно при наличии взаимной коррелированности исходных данных или малой вариабельности некоторых из них. В случаях, когда исследуется таблица многомерных данных, полученных экспериментально или агрегированием, что имеет место в данной работе, возможно наличие дублирующих и малоинформативных признаков. Для отбора независимых параметров исследовалась матрица коэффициентов корреляции и из относительно однородных групп параметров, несущих информацию об одном свойстве исследуемого объекта, оставлялось по одному представителю, обладающему большей вариабельностью, оцениваемой коэффициентом вариации S_v .

Процедуру проведения факторного анализа удобно представить в виде последовательности этапов:

- выбраковка нестандартных наблюдений,
- проверка рядов на независимость (или линейность взаимных связей с небольшими коэффициентами корреляции) и соответствие нормальному закону распределения,
- удаление дублирующих рядов (коэффициент корреляции больше 0.7),
- назначение числа учитываемых факторов (по графику «каменистой осыпи»),
- выбор одного из пяти методов факторизации, предлагаемых в пакете Statistica,
- вращение факторных осей для облегчения интерпретации факторных нагрузок,

- анализ таблицы факторных нагрузок,
- проверка адекватности модели на основе матрицы остаточных корреляций.

Результаты исследований

В качестве объектов исследований будем рассматривать торфа олиготрофных и эвтрофных торфяных почв. Образцы торфа для исследований были отобраны из генетических центров естественных торфяных почв по методике, разработанной в Сибирском научно-исследовательском институте торфа, в пределах таёжной и подтаёжной областей Томской области. Исследуемые образцы представляют 12 ботанических видов торфа верхового и низинного типа, характерных для западносибирского региона. Каждый вид торфа по ботаническому составу представлен выборкой из 6-19 образцов, отобранных из торфяных почв разных болотных районов с тем, чтобы охватить всё многообразие условий образования торфов данного вида.

Обработке подвергалось 140 наблюдений торфов по 35 параметрам [4], характеризующим фракционно-групповой состав углерода, азота, содержание подвижных форм основных питательных элементов и поглощающий комплекс торфа.

Выборка нестандартных наблюдений, «отскакивающих» по терминологии Д.Тьюки [3], осуществлялась при превышении ими $2h$, где h – межквартильное расстояние выборки. Для успешного применения факторного анализа должны выполняться два основных предположения относительно данных: независимость (или линейность взаимных связей с небольшими коэффициентами корреляции) и соответствие нормальному закону распределения. Поскольку эти требования накладывает сильное ограничение на круг решаемых задач, то на практике выработалось соглашение о допустимости применения факторного анализа для данных с монотонно изменяющимися связями и распределением, не очень «заметно» отклоняющимся от нормального. Нормальность проверялась визуально по графику на нормальной вероятностной бумаге и по критериям Колмогорова-Смирнова и Шапиро-Уилкса, монотонность по матричному графику рассеяний (рис. 1) и матрице корреляций исходных признаков. Например, согласно рисунку 1а закон распределения суммы гуминовых кислот достаточно хорошо согласуется с нормальным.

Для отбора независимых параметров исследовалась матрица коэффициентов корреляции и из относительно однородных групп параметров, несущих информацию об одном свойстве исследуемого объекта, оставлялось по одному представителю, обладающему большей вариабельностью, оцениваемой коэффициентом вариации S_v .

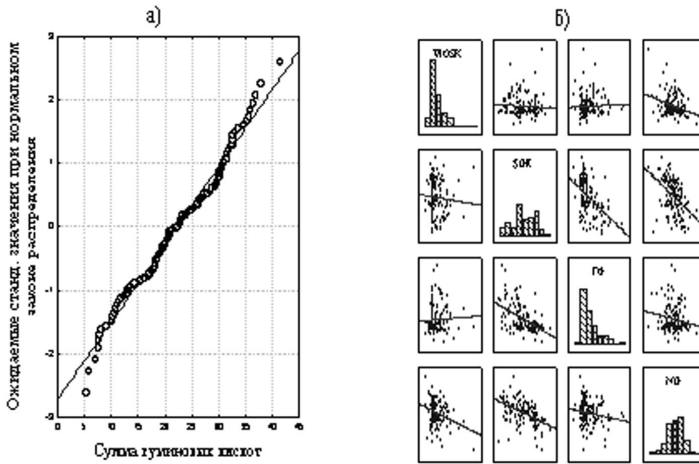


Рис. 1. Нормальный вероятностный график для суммы гуминовых кислот (а) и фрагмент матричного графика корреляций (б).

В результате такой процедуры для включения в дальнейший анализ было отобрано 8 относительно независимых параметров (табл. 1): сумма гуминовых кислот (Σ GK), содержание углеводов (LG и TG), негидролизующий остаток (NG), отношение углерода к азоту (C/N), сумма минерального и легкогидролизуемого азота ($N_M+N_{Лг}$, %), степень разложения (R), зольность (A), содержание липидов (Wosk).

Таблица 1

Корреляционная матрица свойств торфов

	Wosk	GK	TG	NG	C/N	R	A	$N_{Лг}+N_M$
Wosk	1.00	-0.05	0.10	-0.35	0.45	-0.17	-0.039	0.02
GK	-0.05	1.00	-0.54	-0.50	-0.39	0.41	0.013	0.04
TG	0.10	-0.54	1.00	-0.18	0.37	-0.40	-0.17	0.17
NG	-0.35	-0.50	-0.18	1.00	-0.02	-0.05	0.10	0.21
C/N	0.45	-0.39	0.37	-0.02	1.00	-0.41	-0.48	0.36
R	-0.17	0.41	-0.40	-0.05	-0.41	1.00	0.46	-0.13
A	-0.39	0.13	-0.17	0.10	-0.48	0.46	1.00	-0.11
$N_{Лг}+N_M$	0.02	0.04	0.17	-0.21	0.36	0.13	-0.11	1.00

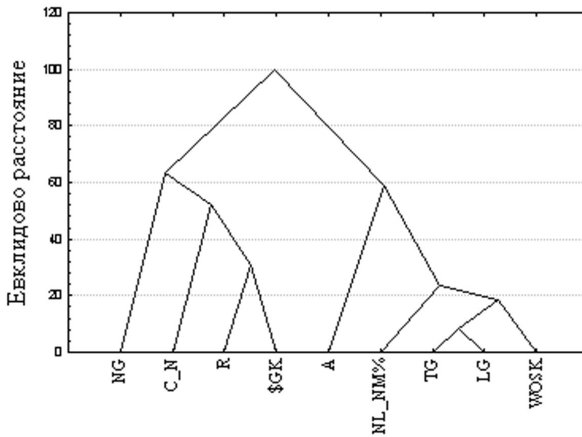


Рис.2. Вариант объединения свойств торфов в группы при использовании метода ближайшего соседа.

Первые пять параметров характеризуют с разных сторон биохимическую устойчивость торфов. Степень разложения и зольность торфа отражают конечный результат торфообразования, а содержание липидов рассматривается как признак, наследуемый торфами от растений торфообразователей и предположительно влияющий на состояние органического вещества торфа.

Кластерный анализ, проведённый с использованием различных состояний и методов объединения в классы свойств торфов, указанных в таблице 1, в 70 % случаев выдаёт разбиение на две ветви, схожее с кластерами на рисунке 2.

При использовании метода факторного анализа подбор факторов осуществлялся методом главных осей. Поскольку не существует общего решения в вопросе о выборе числа факторов, то решение принималось с учётом следующих рекомендаций [2]:

- рассматривались лишь факторы с собственными числами больше единицы,
- использовался графический критерий «каменистой осыпи» – зависимость собственных чисел от их номера (рис. 2).

Таким образом, в данной модели можно учитывать только три фактора. После построения модели на основе таблицы факторных нагрузок (табл. 2) решался вопрос о соответствии полученного решения принципу простой структуры факторной матрицы, обеспечивающей возможность содержательной интерпретации результатов. Для получения простой структуры существует довольно много процедур враще-

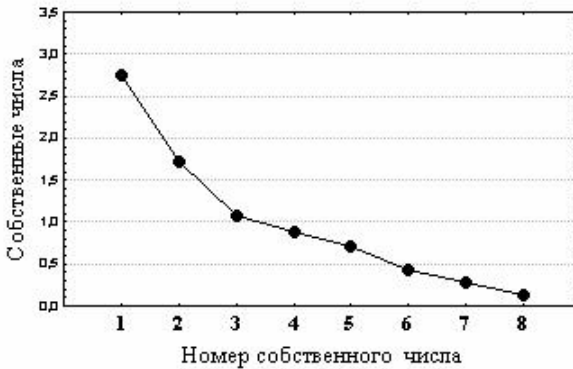


Рис. 3. Зависимость собственных значений от номера фактора.

Таблица 2

Факторные нагрузки

Параметры	Фактор 1	Фактор 2	Фактор 3
W	-0.82	0.18	-0.03
GK	0.11	0.91	0.04
TG	-0.18	-0.50	0.57
NG	0.32	-0.67	-0.45
C/N	-0.64	-0.36	0.37
R	0.48	0.53	-0.2
A	0.79	0.14	0.00
Нлг + Nm	-0.02	0.07	0.83
Вклад в суммарную дисперсию, %	26.4	25.1	17.8

ния факторных осей, нацеленных на выполнение основных критериев Л. Тэрстоуна, суть которых сводится к следующим положениям:

- для каждой строки матрицы факторных нагрузок хотя бы одно значение должно быть равным или близким к нулю;
- столбцы факторной матрицы должны содержать не менее К нулевых элементов, где К – число учитываемых факторов;
- в любой паре факторов должны существовать признаки, факторные нагрузки которых имеют максимальные нагрузки на один фактор и

близкие к нулю на другой, а также признаки, имеющие малые нагрузки на оба фактора;

- в любой паре факторов должно иметься небольшое число признаков, значимо отличающихся от нуля.

Удовлетворительные результаты получились при факторизации методом главных осей и ортогональным преобразованием координат методом *quartimax*. Высокие факторные нагрузки имеют содержание липидов, зольность, сумма гуминовых кислот и общее содержание легкогидролизуемого и минерального азота (табл. 2). Три фактора обеспечивают 69.3 % суммарной дисперсии. Большие нагрузки у первого фактора имеют липиды (-0.82) и зольность (0.79). Пороговая величина значимой факторной нагрузки в пакете «Statistica» установлена равной 0.7. В связи с этим, анализируя нагрузки второго фактора, можно сделать вывод, что при незначительной разнице в величине объясняемой дисперсии (25.1 % против 26.4 %), параметр GK можно считать наиболее информативным (факторная нагрузка – 0.91). Третий фактор даёт небольшой вклад в суммарную дисперсию (17.7 %), но лучше первых двух удовлетворяет принципу простой структуры.

Таким образом, можно установить иерархию в структуре анализируемых данных по степени их информативности: сумма гуминовых кислот → липиды, зольность → сумма минерального и легкогидролизуемого азота.

Так как большинство параметров, включённых в анализ, имеют отношение к биохимической устойчивости торфов, то параметр GK может быть выбран в качестве базового для классификации.

Если в качестве первичного классификационного признака биохимической устойчивости торфа выбрать сумму гуминовых кислот, то одним из вариантов установления количественных критериев может быть соотношение его со степенью разложения R, для которой существуют достаточно чёткие количественные границы у номинаций. Кроме того, известно, что с ростом R во всех видах торфов увеличивается содержание биологически устойчивых компонентов: лигнина, восков, гуминовых кислот. Далее, химический состав торфа целиком предопределяется его степенью разложения и видом [5]. И, наконец, имеются достаточно чётко установленные закономерности в динамике изменения R и GK. В торфах малой степени разложения процентное содержание гуминовых кислот близко к процентному содержанию степени разложения, а при R>30% накопление гуминовых кислот замедляется и начинает отставать от R [6].

Так как для всех видов торфов значение R>35 % характеризует высокую степень разложения, а, значит, и высокую степень биохимической устойчивости, то и GK>35 % можно принять за верхний количественный предел.

Сложнее выбрать квалификационные параметры для последующих уровней детализации классификации, интервалы колебания параметров по всем рассматриваемым признакам сильно перекрываются. Поэтому второй классификационный параметр был установлен из чисто эвристических соображений [4]. Агрохимические свойства торфа достаточно удовлетворительно описывает кислотность солевой вытяжки (рН). Величина рН, во-первых, характеризует состояние поглощающего комплекса, поскольку установлены достоверные связи величины рН со всеми характеристиками поглощающего комплекса и, во-вторых, коррелирует с большим числом признаков: содержанием липидов (-0.66), процентным содержанием минерального азота (-0.51), общим углеродом (-0.60), содержанием второй фракции фульвокислот, зольностью и степенью разложения. Вариант классификации торфов на основе базовых показателей сумма гуминовых кислот и рН представлен в таблицах 3, 4.

Таблица 3

Классификации торфов по агрохимическим свойствам [4]

рН	Сумма гуминовых кислот, %			
	до 15%	15-25%	25-35%	более 35%
2.6-3.2	сильнокислый слабогумусный	сильнокислый малогумусный	сильнокислый гумусный	сильнокислый высокогумусный
3.2-4.6	кислый слабогумусный	кислый малогумусный	кислый гумусный	кислый высокогумусный
4.6-5.8	слабокислый слабогумусный	слабокислый малогумусный	слабокислый гумусный	слабокислый высокогумусный
5.8-7.2	нейтральный слабогумусный	нейтральный малогумусный	нейтральный гумусный	нейтральный высокогумусный

Таблица 4

Группа по дополнительным параметрам, в % от золы [4]

CaO>5	карбонатный
P ₂ O ₅ >2	вивианитовый
Fe ₂ O ₃ >8	железистый
SO ₃ >3	сернистый

Литература

1. Факторный, дискриминантный и кластерный анализ. М., 1989. 215 с.
2. Хартман Г. Современный факторный анализ. М., 1972. 486 с.
3. Тьюки Д. Анализ результатов наблюдений. М., 1981. 693 с.
4. Дементьева Т.В. Характеристика органического вещества торфа и оценка его биохимической устойчивости как основа рационального использования торфяных почв: Дис. к-та с-х.нвук. Барнаул, 2000. 199 с.
5. Генетические основы химии и биохимии кустобиолитов // Раковский В.Е. Пигулевская Л.В., Лукошко Е.С. др. // Химия твёрдого топлива. 1973. N 1. С. 39-44.
6. Скобеева Е.И. Зависимость химического состава торфа от его ботанического состава и степени разложения // Химия и химическая технология. 1967. Вып.3(16). С. 108-115.

Use of methods of the multivariate statistical analysis in studying regularity of agrochemical properties of peats

L.I. Dubrovskaja, L.I. Inisheva

The basic stages of process кластерного and factorial analysis with a view of revealing internal communications in properties of complex multivariate structures what are peat are stated in the lecture form. The variant of classification западносибирских Western-Siberian peats of the agricultural purpose, developed with application of these methods is resulted.

Анализ космических снимков – перспективное направление в изучении газовой функции болотных экосистем

М.В. Глаголев, Н.А. Шнырев

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

В работе рассмотрен перспективный дистанционный метод определения потоков парниковых газов из болот в региональном и глобальном масштабе, основанный на анализе космических снимков. Проанализированы преимущества данного метода. Рассмотрен конкретный пример определения потока CH_4 из естественных и осушенных болот юга Томской области.

Введение

В последние годы стало ясно, что успешное решение проблемы долгосрочного прогнозирования климатического эффекта парниковых МГС

(малых газовых составляющих атмосферы – газообразных примесей, концентрации которых составляют ~0.01% и менее) невозможно без знания распределения наземных источников и стоков [1]. Не все почвы играют одинаковую роль в проблеме метана. Например, почвы лугов, хотя и могут выделять метан, но в крайне незначительных количествах [2].

В связи с глобальным изменением климата и прогнозированием последствий парникового эффекта в последние годы резко возрос интерес к изучению экосистем торфяных болот [3]. В силу пространственных и временных неопределенностей на уровне локальных измерений, глобальные оценки пока также неточны. И хотя очевидно, что наряду с рисовниками, дающими от 60 [4] до 170 Тг/год [5], болота – это один из главных источников метана, глобальная эмиссия с их поверхности оценена лишь приблизительно и составляет от 50 [5, 6] до 115 Тг/год [4, 7] или даже до 150 Тг/год [6].

Рамочная конвенция ООН об изменении климата (1992), ратифицированная Россией, обязывает каждую страну составить свой баланс источников и стоков парниковых газов, в первую очередь CO_2 и CH_4 [8, 9]. Для России суммарная величина эмиссии метана по стране оценена очень приблизительно [8-10]. Таким образом, в настоящее время насущной задачей для России является инвентаризация существующих источников метана, выявление и прогнозирование появления новых источников [5].

Методы определения эмиссии газа из почвы

Методы определения эмиссии неоднократно были описаны ранее в литературе [11, 12]: микрометеорологические методы («гигантской камеры», баланса массы, «eddy correlation», «eddy accumulation», градиентный), различные реализации камерного метода (статические/динамические, ручные/автоматические), а также косвенные методы (дистанционное зондирование, математическое моделирование). Каждый метод имеет некоторый характерный пространственный масштаб, в котором его применение дает наилучшие результаты.

Например, камера позволяет измерить поток с очень небольшой площади, равной площади основания камеры, характерный размер которой составляет порядка 10^{-2} - 10^{-1} м². Учитывая возможность одновременного использования нескольких камер, можно, конечно, охватить значительно большую площадь (на практике – порядка 10^3 - 10^4 м²).

При использовании микрометеорологических методов область, влияющая на формирование концентрационного профиля над данной географической точкой, называется «footprint'ом» данной точки. Понятно, что в той или иной мере на концентрацию примеси в данной точке влияет источник, находящийся на любом расстоянии, но для больших расстояний это влияние будет исчезающе малым. Для строгого определения необходимо

задать степень влияния, при котором данная точка считается подверженной воздействию рассматриваемого источника. В связи с этим вводится понятие кумулятивного нормализованного потока (cumulative normalised flux – CNF [13]), изменяющегося от 0 до 1, и показывающего насколько сильно вертикальный профиль, формируемый за счет потока из горизонтальной области радиуса x_f , отличается от профиля, формируемого за счет потока из бесконечно протяженной горизонтальной области [14]. Для высоты z , скорости ветра $u(z)$ и области радиуса R эту величину можно вычислить по формуле Schuerp с соавт. [13]:

$$CNF(R) = \exp[-u(z) \cdot (z - d) / (u_* \cdot R)],$$

где d – высота вытеснения, $u(z)$ – универсальная функция для скорости, u_* – постоянная Кармана, u_* – скорость трения (или динамическая скорость). Численные оценки показывают, что для всех микрометеорологических методов R составляет всего лишь $\sim 10 \cdot z$.

Поэтому в глобальном масштабе на передний план выходят методы дистанционного зондирования и глобальные математические модели, ассоциированные с глобальными базами данных [12].

Возможности использования космических снимков для расчета эмиссии CO_2 и CH_4

Возможности использования космических снимков для расчета эмиссии CO_2 и CH_4 описаны в [15, 16]. Главные факторы, которые влияют на скорости образования метана, его потребления и транспорта – это температура почвы, уровень стояния воды и тип растительной ассоциации [16]. Найдя связь потоков углеродсодержащих парниковых газов только с типом растительной ассоциации, фактически, через эту переменную имеем связь с другими переменными, определяющими ее.

В ряде работ [17-20] было показано, что использование уже одной только переменной «тип растительной ассоциации» позволяет объяснить наблюдаемые величины потоков метана. Дистанционное зондирование – это наиболее многообещающий метод для оценки бюджета углерода наземных экосистем, осуществляемый с целью выявления по ним типа растительного покрова [21]. На рис. 1 видно, как разделяются некоторые типы поверхности в координатах, представляющих собой интенсивности отраженного излучения по двум спектральным каналам, условно обозначенным R и G , потому, что для них потоки метана существенно различны.

Можно выделить два основных способа обработки космических снимков:

1. Данные дистанционного зондирования используются для классификации типов земной поверхности (обычно – от 4 до 6 различных типов).

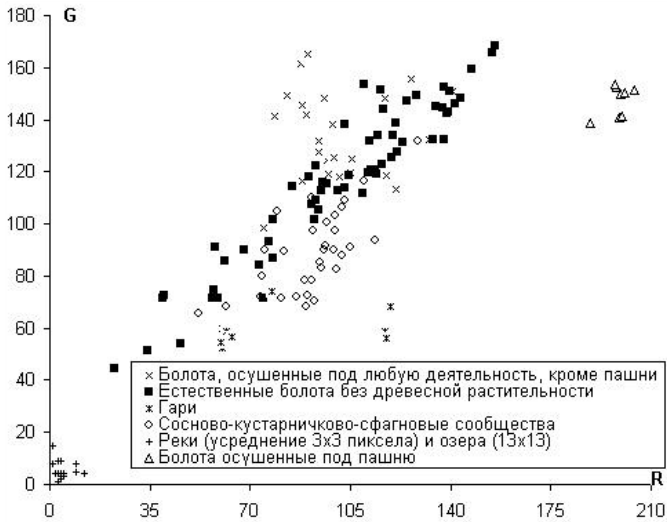


Рис. 1. RG-диаграмма для некоторых экотопов юга Томской области (усреднение 13x13 пикселей).

Каждому типу поверхности ставятся в соответствие характерные значения экологических переменных (f). Какой-либо экологический параметр (F) для всей области, отображенной на снимке, получают по формуле: $F = (\sum_i p_i \cdot f_i)$, где p_i – доля площади контуров поверхности i -го типа от всей площади снимка, f_i – характерное значение рассматриваемого экологического параметра для поверхности i -го типа [22-24]. Описанный метод можно назвать «классификационным методом типов поверхности» (К-методом).

2. Множество измерений интересующего нас экологического параметра в географических точках, координаты которых известны, чтобы соотнести с этой точкой конкретный пиксель спутникового снимка. Можно построить регрессионную модель, связывающую f напрямую со спектральными характеристиками космического снимка [15, 25, 26]. Описанный метод можно назвать «прямым регрессионным методом» (Р-методом).

Р-метод применялся при исследовании некоторых экосистем Сибири [25]. Снимок LANDSAT TM использован для оценки проективного покрытия растительности. При этом строилась регрессионная модель, связывавшая проективное покрытие с тремя спектральными характеристиками, полученными линейным преобразованием исходной информации дистанционного зондирования (6 спектральных каналов).

К-метод применялся для оценки эмиссии метана из болот Западной Сибири [22, 24]. По снимку SPOT HRV выделялось четыре типа поверхности: березовый лес, хвойный лес, рям и открытая часть болота. Для некоторых из перечисленных экосистем близ пос. Плотниково Бакчарского района Томской области были выполнены полевые измерения потока метана. Оказалось, что поток может существенно варьировать внутри столь сильно генерализованных типов [16, 19]. Сейчас представляется, что Р-метод мог бы оказаться более приемлемым для решения данной задачи. Такое исследование было проведено на различных снимках нескольких разных спутников. Остановимся лишь на результатах, полученных при помощи снимков проекта Google Earth (<http://earth.google.com>) (пример такого снимка для нескольких наших исследовательских полигонов в Томской обл. представлен на рис. 2).

Методы наземных исследований

В качестве полигона наземных исследований были выбраны естественные и искусственно осушенные объекты в Бакчарском и Шегарском районах Томской области. Именно на этих объектах был получен основной массив информации по эмиссии метана в Западной Сибири [3, 9, 20, 22, 24]. Потоки CH_4 измерялись с помощью статического камерного метода. Концентрация метана определялась на газовом хроматографе «ХПМ-4» («Хроматограф», Россия) с пламенно-ионизационным детектором.

Математическая обработка результатов дистанционного зондирования

Пусть результаты дистанционного зондирования поверхности представляют собой k -мерный массив, где k – количество спектральных каналов, в которых спутник осуществлял съемку. Такой массив может быть представлен в виде совокупности из k прямоугольных матриц (одна матрица – один канал). Для определенности будем считать, что $k=3$. Это соответствует полноцветному изображению: в первой матрице хранится интенсивность красного цвета (R), во второй – зеленого (G), в третьей – синего (B). Если изображение состоит из N пикселей по вертикали и M – по горизонтали, то каждая матрица будет содержать N строк и M столбцов.

Пусть s_1 и s_n – географические широты, соответственно, точек верхнего левого и нижнего правого углов снимка; e_1 и e_m – их географические долготы; s_x и e_x – соответственно, географическая широта и долгота обрабатываемой точки. Тогда точка с координатами (s_x, e_x) будет соответствовать пикселю в строке i_x и столбце j_x , причем

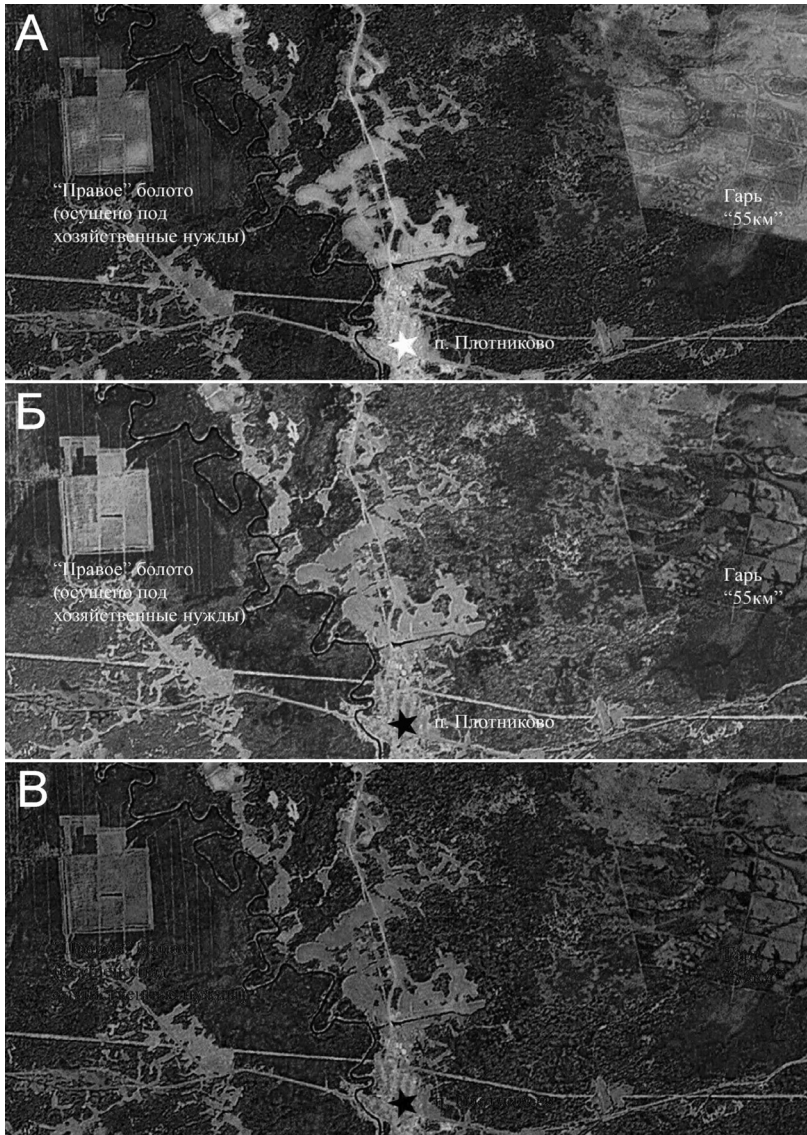


Рис. 2. Отображение на космическом снимке некоторых полигонов по измерению эмиссии CH_4 . Декомпозиция полноцветного изображения по трем составляющим: А – интенсивность красной компоненты, Б – интенсивность зеленой компоненты, В – интенсивность синей компоненты.

$$i_x = \text{round}\{0.5 \cdot [N + 1 + (N - 1) \cdot (s_1 - 2 \cdot s_x + s_n) / (s_1 - s_n)]\},$$

$$j_x = \text{round}\{0.5 \cdot [M + 1 + (M - 1) \cdot (2 \cdot e_x - e_l - e_m) / (e_m - e_l)]\},$$

где $\text{round}\{\bullet\}$ обозначает функцию взятия целой части.

Для некоторого множества точек с координатами (i_x, j_x) , в которых проведены наземные измерения потока CH_4 , по снимку были определены соответствующие множества интенсивностей (R_x, G_x, B_x) . Поскольку для снимков высокого разрешения весьма вероятны некоторые погрешности привязки на местности, то проводилось усреднение по нескольким пикселям, например, по 9 (3x3), 25 (5x5), 49 (7x7) и др. К сожалению, систематическая работа по определению оптимального усреднения пока не закончена, но из некоторых эвристических соображений было выбрано усреднение 13x13, т.е. в дальнейшем под R_x, G_x, B_x следует понимать интенсивности соответствующих цветов при усреднении по матрице размера 13x13 с центром в строке i_x и столбце j_x .

Полная модель, позволяющая по R_x, G_x, B_x и температуре рассчитать поток CH_4 (F_x , мгС/м²/час) в точке с координатами s_x и e_x , имела вид $F_x = P_2(R_x, G_x, B_x) \cdot e^{k \cdot T}$, где T – температура атмосферы, усредненная за 7 суток, предшествовавшие измерениям (температурные данные были взяты из архива погодных условий на сайте <http://meteo.infospace.ru> для метеостанций «Бакчар» и «Томск» – индексы WMO 29328 и 29430, соответственно); $P_2(R_x, G_x, B_x)$ – полином второй степени относительно R_x, G_x и B_x . Если расчет по вышеприведенной формуле давал значение меньше некоторой пороговой величины F_m , то принималось $F_x = F_m$. Идентификация параметров модели, проведенная методом шаговой регрессии, показала, что не все параметры значимы и дала (в конкретном случае использованных нами объектов и космического снимка) следующую модель:

$$F_x = [-0.076 \cdot G_x + 0.104 \cdot B_x + (0.119 \cdot B_x^2 - 0.060 \cdot G_x^2 + 0.737 \cdot R_x \cdot G_x - 1.003 \cdot R_x \cdot B_x) / 1000] \cdot e^{0.196 \cdot T}, \quad F_m = 0.36$$

На рис. 3 сопоставлены результаты наблюдений и расчетов по модели для 80 объектов на территории Бакчарского и Шегарского районов. Учитывая значительную погрешность измерений, соответствие результатов прямых наземных измерений и дистанционного зондирования можно признать удовлетворительным. Как видим, отклонения расчетных данных от экспериментальных распределены более или менее равномерно, поэтому при расчете потока с большей территории погрешности будут компенсировать друг друга. В таблице такое же сопоставление проведено для нескольких групп объектов. Очевидно, что для сосново-кустарничково-сфагновых сообществ использованная модель несколько завышает поток, а для естественных болот без древесной растительности и осушенных под хо-

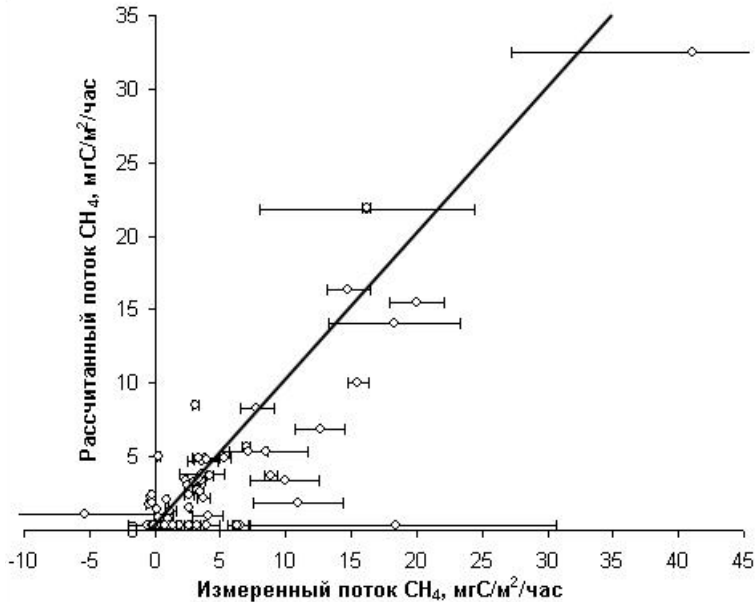


Рис. 3. Сравнение результатов наблюдений потока CH_4 и расчетов по модели дистанционного зондирования.

зяйственную деятельность человека – слегка занижает. Однако, учитывая весьма сильную вариабельность потока внутри генерализованных групп объектов можно считать совпадение неплохим.

Сравнение потоков CH_4 ($mgC/m^2/час$), полученных в результате наблюдений и по данным дистанционного зондирования

Группа объектов	Взвешенное среднее		Медиана	
	Расчет А	Наблюдение А	Расчет	Наблюдение
Сосново-кустарничково-сфагновые сообщества	2.19+2.12	0.81+2.38	1.6	0.30
Естественные болота без древесной растительности	7.10+7.44	9.30+8.09	4.73	6.60
Болота, осушенные под хозяйственную деятельность	0.46+0.41	0.82+1.18	0.35	0.49
Гари	0.43+0.22	0.70+1.38	0.35	0.22

Примечание: А – среднее квадратичное; - стандартное отклонение.

Направления дальнейших исследований

Работу, аналогичную нашей, с целью выявления модели, наиболее точно предсказывающей поток CH_4 по данным дистанционного зондирования необходимо провести для иных аналитических представлений модели, спектральных диапазонов, вариантов усреднения интенсивностей спектральных характеристик, вариантов усреднения температуры.

Литература

1. Минько О.И. Планетарная газовая функция почвенного покрова // Почвоведение. 1988. №7. С. 59-75.
2. Morishita T., Hatano R., Sawamoto T et al. Methane Fluxes in Forest, Grassland, and Wetland Soils, Near Yakutsk, Russia // Proceedings of the Ninth Symposium on the Joint Siberian Permafrost Studies between Japan and Russia in 2000. Sapporo. 23-24 January 2001. P. 150-155.
3. Lapshina E.D., Pologova N.N., Mouldiyarov E.Ya. et al. 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. 19-20 January 2000. P. 121-128.
4. Morishita T., Hatano R., Nagata O. et al. Methane Uptake of Forest Soil near Khabarovsk // Proceedings of the Eighth Symposium on the Joint Siberian Permafrost Studies between Japan and Russia in 1999. Tsukuba. 19-20 January 2000. P. 154-159.
5. Бажин Н.М. Метан в атмосфере // Соросовский образовательный журнал. 2000. Т. 6. №3. С. 52-57.
6. Nakagawa F., Yoshida N., Nojiri Y. et al. Production of methane from alasses in eastern Siberia: Implications from its ^{14}C and stable isotopic compositions // Global Biogeochemical Cycles. 2002. V. 16(3), 1041, doi:10.1029/2000GB001384.
7. Christensen T. Seasonal emission of methane from the active layer of organic tundra soils-scale and controlling factors // Joint Russian-American seminar on Cryopedology and global change Pushchino. 15-16 November 1992. P. 325-341.
8. Заварзин Г.А. Микробный цикл метана в холодных условиях // Природа. 1995. № 6. С. 3-14.
9. Коцюрбенко О.Р. Метаногенные микробные сообщества из холодных наземных экосистем. Автореф. дисс. ... докт. биол. н. М., 2005. 76 с.
10. Заварзин Г.А. Круговорот углерода на территории России // Национальная конференция с международным участием «Эмиссия и сток парниковых газов на территории северной Евразии». Пущино. 20-24 ноября 2000 г. С. 17-20.

11. Businger J.A., Delany A.C. Chemical Sensor Resolution Required for Measuring Surface Fluxes by Three Common Micrometeorological Techniques // *Journal of Atmospheric Chemistry*. 1990. V. 10. P. 399-410.

12. Глаголев М.В. Методы исследования газовой функции почв на различных иерархических уровнях // *Труды Всероссийской конференции «Экспериментальная информация в почвоведении: теория и пути стандартизации»*. Москва. 20-22 декабря 2005 г. С. 181-183.

13. Beswick K.M., Simpson T.W., Fowler D. et al. Methane emissions on large scales // *Atmospheric Environment*. 1998. V. 32. P. 3283-3291.

14. Baldocchi D.D., Hicks B.B., Meyers T.P. Measuring biosphere-atmosphere exchanges of biologically related gases with micrometeorological methods // *Ecology*. 1988. V. 69. P. 1331-1340.

15. Kamykowski D., Zentara S.-J., Morrison J.M. et al. Dynamic global patterns of nitrate, phosphate, silicate, and iron availability and phytoplankton community composition from remote sensing data // *Global Biogeochem. Cycles*. 2002. V. 16(4), 1077, doi:10.1029/2001GB001640.

16. Granberg G., Mikkil C., Sundh I. et al. Sources of spatial variation in methane emission from mires in northern Sweden: A mechanistic approach in statistical modeling // *Global Biogeochem. Cycles*. 1997. V. 11. P. 135-150.

17. Bubier J.L., Moore T.R., Juggins S. Predicting methane emissions from bryophyte distribution in northern Canadian peatlands // *Ecology*. 1995. V. 76. P. 677-693.

18. Schimel J.P. Plant transport and methane production as controls on methane flux from arctic wet meadow tundra // *Biogeochemistry*. 1995. V. 28. P. 183-200.

19. Bellisario L.M., Bubier J.L., Moore T.R. et al. Controls on CH₄ emissions from a northern peatland // *Global Biogeochem. Cycles*. 1999. V. 13(1). P. 81-92.

20. Glagolev M., Uchiyama H., Lebedev V. et al. Oxidation and plant-mediated transport of methane in West Siberian Bog // *Proceedings of the Eighth Symposium on the Joint Siberian Permafrost Studies between Japan and Russia in 1999*. Tsukuba. 19-20 January 2000. P. 143-149.

21. Kushida K., Kim Y., Tanaka N. et al. Remote sensing of net ecosystem productivity based on component spectrum and soil respiration observation in a boreal forest, interior Alaska // *J. Geophys. Res.* 2004. V. 109, D06108, doi:10.1029/2003JD003858.

22. Tamura M., Yasuoka Y. Observation of Western Siberian wetlands by using remote sensing techniques for estimating methane emission // *Proceedings of the fourth symposium on the joint Siberian permafrost studies between Japan and Russia in 1995*. P. 133-138.

23. Matsushita B., Tamura M. Integrating remotely sensed data with an ecosystem model to estimate net primary productivity in East Asia // Remote Sensing of Environment. 2002. V. 81. P. 58-66.

24. Takeuchi W., Tamura M., Yasuoka Y. Estimation of methane emission from West Siberian wetland by scaling technique between NOAA AVHRR and SPOT HRV // Remote Sensing of Environment. 2003. V. 85. P. 21-29.

25. Takao G., Saito H., Desyatkin R.V. et al. Aerial Survey for a Vegetation Coverage Estimation of Yakutsk Forests with Satellite Image // Proceedings of the Fifth Symposium on the Joint Siberian Permafrost Studies between Japan and Russia in 1996. Tsukuba. 27-28 January 1997. P. 76-81.

26. Maki M., Ishihara M., Tamura M. Estimation of leaf water status to monitor the risk of forest fires by using remotely sensed data // Remote Sensing of Environment. 2004. V. 90. P. 441-450.

Satellite remote sensing – perspective method for studying OF wetland ecosystems gas function

M.V. Glagolev, N.A. Shnyrev

Remote sensing method was considered in this paper in application to measuring traces gases flux from wetlands in regional and global scale. The method based on analysis of satellite data. Advantage of this method was considered. Example of methane flux remote sensing measuring given for natural and drainage wetland in the south of Tomsk area.

Биогеохимические свойства сапропелей гумидной зоны Красноярского края как компонентного состава органо-минеральных удобрений (на примере озер Енисейского района)

Л.Р. Мукина

Сибирский НИИ гидротехники и мелиорации, г. Красноярск

Приведен химический состав сапропелей гумидной зоны Красноярского края. Показано, что Красноярский край располагает сырьевой базой для производства местных удобрений для повышения плодородия почв.

В гумидной зоне Красноярского края (северная группа районов земледельческой части Красноярского края) из обследованных 30 озер выявлено 5 месторождений с запасами сапропелей менее 100 тыс. тонн, пригодных для разработки хозяйственным способом.

Исследованные ранее озерные сапропели этой зоны рекомендованы для приготовления удобрений, известковых материалов, в подкормку животным, для бальнеологических целей (лечебные грязи, лечебные препараты). Практически не изучена применимость сапропелей месторождений Красноярского края в качестве компонентов тепличных субстратов, буровых растворов, вяжущего и наполнителя в строительстве, в металлургии.

Опыты по использованию сапропелей Минусинского и Абанского районов на почвах Красноярского края показали, что внесение их создает лучшие стартовые условия для основных процессов в почвах и направлено на поддержание бездефицитного баланса органического вещества, накопление доступного азота и фосфора, улучшение структуры, нейтрализацию кислотности почв, повышение количества доступных микроэлементов. В конечном итоге – все это сказывается положительно на урожайности культур. Следует также отметить экологическую совместимость сапропелевых удобрений и почв, поскольку их воздействие на почвы комплексное, системное.

В Красноярском крае выявлены значительные запасы сапропеля. Наиболее изучены они в Абанском и Минусинском районах (южные и восточные районы земледельческой зоны) и отличаются хорошими бальнеологическими свойствами и богатством элементов питания при использовании их в качестве минеральных подкормок и органо-сапропелевых удобрений. Так, в зольной части сапропеля озера Кривое Абанского района: фосфора – 0.40 %, калия – 0.66 %, по этим показателям они не уступают традиционным органическим удобрениям. Для сравнения укажем, что содержание элементов питания в перегное: азота – 0.42 %, фосфора – 0.21 %, калия – 0.48 %. Кроме того, в сапропеле обнаружены Ca, Fe, Mn, Cu, витамины B2 и B12, различные биостимуляторы. К тому же в озерных илах нет болезнетворных организмов, так как в процессе образования сапропелей выделяются природные антибиотики, поэтому испытания добавок сапропелей в корм птице и свиньям на откорме дали положительные результаты.

Минеральная часть сапропеля включает привнесенные (кластогенные) элементы, поступающие с поверхностным, речным и грунтовым стоком, и аутогенные, образовавшиеся внутри озер. Минеральные компоненты в озерах участвуют в биологических процессах, трансформируются в окислительно-восстановительных реакциях, переотлагаются озерными биоценозами в малом биологическом круговороте. Важнейшим компонентом минеральных веществ сапропелей является широкий набор микроэлементов, роль большей части которых в физиологических процессах растений в настоящее время установлена. Многие сапропелевые отложения гумидной зоны формировались под влиянием торфообразовательного процесса на окружающих территориях, что нашло отражение в их составе. Многообразие природы организмов, участвующих в накоплении сапропе-

ля, обусловило образование осадков с различным составом органического вещества (ОВ), прежде всего по соотношению гуминовых кислот и легкогидролизуемых веществ, количеству целлюлозы, структуре гуминовых кислот. Значительное содержание водорослевых компонентов в составе организмов, участвующих в образовании сапропелей, предопределяет преимущественное накопление легкогидролизуемых соединений, возникновение гуминовых кислот амидоуглеводной природы с преобладанием алифатических структур, низкий уровень целлюлозы.

Следовательно, большое значение при использовании сапропелей для получения удобрений имеет содержание в них ОВ и его структура, а также азота, фосфора, калия и микроэлементов. Фосфор в сапропелях встречается в органической и минеральной формах. Основной его источник – остатки растительных и животных организмов. Среднее содержание фосфора 0.3-0.4 % на сухое вещество. В органических сапропелях среднее содержание фосфора составляет 0.3 %, в смешанных – 0.1-1 %, в кремнистых – 1.2 %, наиболее бедны фосфором карбонатные сапропели – 0.1-0.5 %. Содержание калия в сапропеле незначительное – 0.1-0.6 %. Наибольшее содержание его установлено в кремнистых сапропелях – 1.7-2.0 %, наименьшее в карбонатных – 0.1-0.4 %.

Доля подвижного фосфора от его валового количества составляет 13-19 %. Содержание обменного калия, соотнесенное с его валовым количеством, в среднем составляет для карбонатных сапропелей – 5.2 %, для смешанных – 5 %, для органических – 4.4 %, для кремнеземистых – 3.5 %.

Основной биогенный элемент сапропелей – азот. Элемент имеет сугубо биологическое происхождение и его количество определяется уровнем его в организмах, образующих сапропель. Наибольшее количество азота обнаруживается в верхних органогенных слоях. Содержание минерального азота, доступного для растений, как правило, характеризуется только аммонийной группой азота, так как высокая растворимость нитратного азота не способствует его накоплению. Количество аммиачного азота пропорционально валовому содержанию элемента. В таблице даны средние значения содержания ОВ, азота, фосфора и калия и их подвижных форм для месторождений сапропеля Енисейского района. Закономерности в содержании ОВ, валовых и подвижных количеств основных элементов питания те же, что и в материалах, полученных в других регионах страны.

Органическое вещество сапропелей принято рассматривать как совокупность органической и биологической компонент. Органическое вещество сапропелей восстановленное, следовательно, энергетически более насыщенное и при внесении в почву в процессе окисления потенциальная энергия гуминовых веществ высвобождается. Далее, согласно теории Д.С. Орлова о трансформации ОВ почв, идет процесс формирования

*Средние значения агрохимических характеристик сапропелей
озер Енисейского района*

Содержание ОВ, %	Валовые, %			Подвижные, мг/кг			
	N	P	K	N-NO3	N-NH ₄	P ₂ O ₅	K ₂ O
Озеро Комаровское							
25.4	0.59	0.21	0.59	не обн.	38.7	1170	68.3
Озеро Карасево							
32.1	0.68	0.34	0.32	не обн.	56.5	778	39.2
Озеро Материковое							
27.9	0.86	0.70	0.26	0.52	59.0	5473	20.9
74.6	1.43	0.36	0.14	0.54	21.5	27.3	45.6
Озеро Конопляное							
40.5	0.77	0.51	0.32	0.97	68.6	2022	68.8
Озеро Спасское							
11.2	0.46	0.34	0.57	0.08	143.7	2227	60.0
Озеро Глухое							
30.4	1.04	0.46	0.34	0.73	140	3376	68.3
Озеро Кривое							
54.8	1.8	0.208	0.09	65.6	69.8	20.2	9.5

наиболее устойчивого для данного типа почв комплекса гумусовых веществ и через некоторое время ОВ сапропеля превращается в гумус почвы, повышая ее плодородие.

Наиболее высокое содержание ОВ и общего углерода в органических сапропелях озер Материковое, Карасево, Кривое. Здесь же зафиксировано и большее количество гумусовых кислот в сапропелях – гуминовых и фульвокислот. Количество их в относительных показателях от общего углерода невысокое – 2-3 %. Вероятно, что данные сапропели больше содержат битумных соединений (жирные кислоты, эфиры, воски, глицериды и т.п.), извлекаемых органическими растворителями с большей молекулярной массой и меньшим количеством свободных радикалов, способных к созданию органо-минеральных комплексов. В кремнистых и карбонатных сапропелях, залегающих в нижних придонных слоях сапропелевых отложений, доля углерода ГК по отношению к общему углероду возрастает, что свидетельствует о большей трансформации ОВ этих сапропелей.

Содержание валового азота выше в органических сапропелях, особенно в верхних его слоях (оз. Материковое, оз. Карасево и др.) повышенное. Однако количество подвижного азота, в основном аммонийного, в сравнении с общим содержанием элемента, очень низкое и составляет в свежих образцах оз. Материковое 0.2-0.7 %, в сапропеле оз. Конопляное в среднем – 0.7 %, оз. Комаровское – 0.9 %. По данным Л.В. Кирейчевой, О.Б. Хохловой подвижный азот в свежем органическом сапропеле находится в амидной форме, связанной с битумами. Появление нитратного азота в свежих образцах, хотя и небольших количествах - до 1 мг на кг, очевидно, результат антропогенного влияния, вызванного близким расположением сельскохозяйственных полей, подвергавшихся вспашке (оз. Материковое, оз. Спасское), дачных или жилых построек (оз. Конопляное, оз. Глухое).

Наибольшее количество валового фосфора содержится в сапропелях оз. Кривое – более 2 % и озер Материковое и Конопляное – 0.5-0.6 %. Подвижность фосфора колеблется в значительных пределах. Она определяется формами фосфатов (кальций фосфаты, железофосфаты и органофосфаты), условиями среды (восстановительные) и составляет от 0.7 до 78 % от валового количества элемента. Максимальная подвижность фосфора присуща высокозольным сапропелям (участки оз. Материковое с карбонатным и органо-железистым сапропелем, оз. Комаровское), а минимальное – органическим сапропелям (оз. Кривое, участки с органическим сапропелем оз. Материковое).

Содержание калия в органо-кремнистых сапропелях колеблется в пределах 0.32-0.59 % и только в органических его содержание низкое и составляет 0.09-0.14 %. Количество обменного калия в сапропелях определяется в первую очередь валовыми запасами элемента. Они закономерно увеличиваются вглубь залежи, достигая максимальных значений в придонных слоях и подстилающем грунте. Немаловажное значение имеет присутствие кальция и магния, находящиеся в ряду активности катионов слева и поэтому увеличивающие подвижность калия вытеснением его обменных форм в раствор. Низкое содержание обменного калия зафиксировано в придонных слоях. Эти результаты также хорошо согласуются с данными, полученными в других регионах страны.

Микроэлементный состав сапропелей свидетельствует, что для приготовления удобрений из органических, органо-известковистых и карбонатных виды сапропелевого сырья соответствуют требованиям ГУ.10.11860-90 второго класса пригодности.

Таким образом, Красноярский край располагает сырьевой базой для производства местных удобрений для повышения плодородия почв. Следует также учитывать, что при добыче сапропеля одновременно

решаются экологические задачи: оздоровления озер, улучшения качества их вод, создания условий для рыбозаведения, мест отдыха и др.

Тем не менее, имеется ряд нерешенных проблемных вопросов теоретического и прикладного характера в числе которых - определение длительности действия и периодичности применения сапропелей в качестве удобрений и мелиорантов на основных типах почв с целью создания менее энергоемких, экологически безопасных технологий использования сапропелей в сельском хозяйстве и другие.

**Biogeochemical properties of sapropels humid zone
of Krasnoyarsk region as componental structure
of organic-mineral fertilizers
(by the example of lakes of the Yenisei area)**

L.R. Mukina

The chemical compound of sapropels humid zone of Krasnoyarsk region is resulted. It is shown, that Krasnoyarsk region has a raw-material base for manufacture of local fertilizers for increase of fertility soils.

**Использование гуминовых препаратов из торфа
в сельскохозяйственном производстве:
состояние проблемы и перспективы развития**

Л.М. Степченко

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

В статье описываются результаты применения торфяных гуминовых препаратов в качестве кормовых добавок для ветеринарии. Описан спектр биологического действия препаратов гуминовой природы.

Одно из направлений интенсификации сельскохозяйственного производства связано с реализацией генетического потенциала животных. Активация этого процесса имеет много составляющих, одна из которых базируется на применении биологически активных веществ даже при соблюдении технологического режима выращивания животных. В корм животным обязательно добавляют витамины, гормоны, минеральные вещества, антибиотики и т.д. и т.п. Очень важно, чтобы эти недешевые компоненты при поступлении в организм обеспечивали увеличение выхода продукции

животноводства, участвовали в повышении защитных свойств “беззащитных” домашних животных. Не менее важно также, чтобы эти вещества были экологичными, т.е. не кумулировались и не загрязняли окружающую среду после вывода их из организма. Следовательно, применяемые биорегуляторы должны обязательно подвергаться метаболизации. Биорегуляторы гуминовой природы из торфа обладают всеми этими свойствами, так как относительно дешевы, метаболизируются в организме после поступления с кормом или водой, не кумулируются в нем, относятся к экологически чистым препаратам [1]. Кроме того, препараты, полученные из низинного или верхового торфа, не оказывают отрицательного воздействия на плод при его внутриутробном развитии. Доказано, что они не токсичны и не тератогенны [2, 3]. В настоящее время в ЕЭС запрещено применение кормовых антибиотиков с целью их количественного снижения в продуктах животноводства. В перспективе это же ожидает и все страны СНГ. В связи с этим на первый план могут выйти вещества и добавки, которые отвечают новым экологическим моделям, а именно экологически чистые препараты, полученные из торфа, добываемого на экологически чистых территориях.

История использования биологически активных веществ из торфа в сельскохозяйственном производстве тесно связана с научным творчеством профессора Лидии Асеновны Христовой, столетие со дня рождения которой научная общественность будет отмечать в 2007 году.

В 1959 году профессор Л.А. Христева создала и возглавила проблемную научную лабораторию по гуминовым удобрениям Днепропетровского сельскохозяйственного института, в настоящее время Днепропетровского государственного аграрного университета. С именем Л.А. Христовой связана разработка технологии получения одного из первых биологически активных препаратов из торфа - гумината. Л.А. Христовой и ее учениками было предложено использовать этот препарат сначала в растениеводстве под различные сельскохозяйственные культуры и для предпосевной обработки семян, а затем в животноводческом производстве, вследствие общности действия его на растительную и животную клетки [4].

На кафедре физиологии и биохимии сельскохозяйственных животных факультета ветеринарной медицины Днепропетровского государственного аграрного университета накоплен опыт применения препаратов из торфа, таких как гуминат, а также гидрогумат и оксигумат для сельскохозяйственных животных с целью повышения продуктивности поголовья. Сотрудниками кафедры разработаны и изданы рекомендации по применению гуминовых веществ в качестве кормовой добавки к основному рациону сельскохозяйственной птицы, молочного скота, телят, свиней, овец [5, 6].

В препаратах из торфа нерастворимые гуминовые кислоты переходят в растворимую форму натриевых солей гуминовых кислот. В состав их

входят также микроэлементы (железо, алюминий, кремний, марганец, титан, медь, никель, сера), остатки некоторых аминокислот, витаминов, азотистых оснований [1, 7-9].

Доказано, что в составе сложной молекулы гуминовых веществ имеется свободный кислород. Именно этот факт делает молекулы биологически активных веществ на основе гуминовых соединений активными при состоянии гипоксии организма, а система фенол-хинон-сепихинон, придаёт им антиоксидантные свойства [1].

Для проявления биологической активности гуминовых веществ важны различные функциональные группы, а именно: метильная, аминная и некоторые другие, которые способствуют их высокой реакционной способности [1, 7-9]. Кроме того, гуминовые вещества обладают антимикробным и противовирусным действием [3, 10, 11]. Доказано также адаптогенное действие гуминовых препаратов, в т.ч. к стрессовым ситуациям [12, 13]. Введение в рацион препаратов гуминовой природы обеспечивает повышение иммунной защиты животных, т.е. гуминовые вещества имеют иммуномодуляторными свойства [10, 11].

Известны свойства гуматов обеспечивать и поддерживать гомеостаз у сельскохозяйственных животных. Наблюдаемая при этом активация процессов метаболизма обеспечивает формирование большего количества биопродукции – мяса, молока, яиц и т.д. [14, 15].

Следовательно, вещества гуминовой природы после поступления в организм животного могут встраиваться как отдельные регуляторные звенья в сложную систему иерархических отношений, которые обеспечивают переход организма сельскохозяйственных животных на новый уровень гомеостаза, соответствующий более высокой продуктивности [14]. С этой точки зрения можно сказать, что перспективы применения препаратов гуминовой природы в сельскохозяйственном производстве достаточно широкие

Так например, при поступлении препаратов гуминовой природы в организм бройлерной птицы в составе основного рациона с кормом или с водой у последней происходит перестройка обмена веществ, которая обеспечивает более высокую продуктивность. За счет активации метаболизма в мясе птицы регистрируется увеличение количества сухого остатка, уменьшается содержание воды, повышается содержание белка [16]. В белковом гидролизе мяса птицы возрастает количества аминокислот, в том числе незаменимых. При этом установлено, что в «белом» и «красном» мясе повышается активность катепсина В, коррелирующая с сочностью продукта [17].

Замечено также, что препараты гуминовой природы обладают выраженным антиоксидантным действием. Это явление связано с влиянием гуминовых веществ на процессы избирательного всасывания в энтероцитах

кишечника за счет способности их к хелатообразованию. Как следствие активируется способность печени как к синтезу компонентов плазмы крови, так и к ускорению обновления структурных ее компонентов [18, 19].

У быстрорастущей бройлерной птицы на фоне введения в рацион гуминовых препаратов наблюдается повышение дыхательных функций крови за счет активации эритропоэза, а также увеличение способности крови к защите за счет повышения лизоцимной и бактерицидной активностей. В сыворотке крови увеличивается количество иммуноглобулинов классов G, M и A в пределах физиологической нормы. При применении гумината в большей степени изменяется уровень Ig M, а гидрогумата - Ig G [10].

За счет адьювантных свойств гуминовых препаратов установлено повышение иммуногенности вакцин, применяемых для вакцинации птицы, что может предупреждать прорыв иммунитета и возможную вспышку заболеваний [13].

Препараты гуминовой природы эффективно применялись нашими сотрудниками в качестве кормовой добавки к основному рациону при выращивании бройлерной птицы различных кроссов; таких как Бройлер-6, Гибро, Смена-19, а также современных высокопродуктивных – Арбор Ай-крес, Кобб-500 и Кобб-700, Росс, обеспечивая увеличение выхода продукции в среднем на 8-15 %.

Общее действие препаратов изучалось также на курах-несушках (Беларусь-9, Ломан Браун, Хайсекс коричневый) в различные периоды продуктивности, индюшатах, страусах. Применение гуминовых препаратов как кормовой добавки к основному рациону кур-несушек повышает уровень яйценоскости в первый период яйценоскости на 5-7 %, а во второй - на 7-10 %, улучшая качество продукции. За счет повышения специфической и неспецифической резистентности сохранность птицы при применении биологически активных препаратов была более высокой по сравнению с контролем. Для такой экзотической птицы как страусы сохранность молодняка увеличилась в среднем почти на 20 % [20].

В лекции будут также проанализированы результаты экспериментов, полученных при использовании гуминовых препаратов в скотоводстве (для дойных коров, телят, бычков и в системе мать-плод-дитя), свиноводстве, овцеводстве и других отраслях животноводческого производства.

Можно определить некоторые перспективы дальнейших научных исследований, связанных с использованием препаратов гуминовой природы из торфа в процессе получения животноводческой биопродукции. Представляется, что это, прежде всего, стандартизация уже имеющихся препаратов, создание новых на основе современных технологий воздействия на сложную молекулу гуминовых комплексов, идентификация этих молекул и определение спектра их биологического действия.

Можно отметить, что гуминовые вещества хорошо сочетаются с различными препаратами, часто обеспечивая синергическое действие этих смесей. Имеется опыт сочетания их с витаминно-минеральными, витаминными, минеральными, ферментными препаратами, а также другими биорегуляторами, что позволяет в будущем создавать новые компоненты [21]. В связи с этим перспективным может стать новое направление по созданию комплексных кормовых добавок с включением гуминовых компонентов таких, как антистрессовые, иммуномодулирующие, стимулирующие рост и развитие, улучшающие качественный состав продукции и т.д.

В перспективе можно ожидать создание новых лекарственных форм для ветеринарной медицины на основе гуминовых компонентов торфа специфического и неспецифического действия. Например, могут быть предложены лекарственные препараты, которые могут предназначаться для ускорения заживления ран при травмах и в послеоперационный период. Следует ожидать также большую группу лекарственных композитов с использованием гуминовых веществ при создании различных иммуномодуляторов, которые могут быть рекомендованы к применению на фоне противомикробной и противовирусной терапии животных. Уже практически готовы несколько лекарственных форм, включающие гуминовые соединения, которые дают возможность справиться с различными видами анемии у животных.

Таким образом, препараты гуминовой природы, имея широкий спектр биологического действия, могут с легкостью смешиваться с любыми кормами и добавками, входить в рационы для различных видов животных как препараты, стимулирующие их рост и развитие, а также как иммунопротекторы и корректоры метаболизма, могут найти применение в ветеринарной медицине.

Литература

1. Горюва А.И., Орлов Д.С., Щербенко О.В. Гуминовые вещества. Киев, 1995. 303 с.
2. Лотош Т.Д., Запороженко О.М., Соколова Б.Н. Новые препараты из торфа по В.П. Филатову как гепатопротекторы // Тези доп. наукової конф. офтальмологів, присвяченої 90-річчю акад. Н.О. Пучківської. Одеса, 1998. С. 268–270.
3. Panina O., Zilyakova T. Increase of productivity of farm animals with the help of oxidate, a peat humic preparation // Moorthérapie 2000 / Peat Therapy on it's Way into the next Millenium. Bad Kissinger (Germany), 2000. P. 233-244.
4. Христова Л.А. О природе действия физиологически активных форм гуминовых кислот и других стимуляторов роста растений // Гуминовые удобрения. Теория и практика их применения. Киев, 1968. Т.3 С. 13–27.

5. Короленко Л.С., Грибан В.Г., Степченко Л.М. та ін. Рекомендації по використанню біологічно активних речовин гумусової природи та продуктів бджільництва в тваринництві та птахівництві. Дніпропетровськ, 2004. 13 с.

6. Высоκος Н.П., Соловьева В.П., Калашник И.А., Патров В.С. и др. Рекомендации по применению гумата натрия (гумината) в животноводстве и птицеводстве. Днепропетровск, 1991. 23 с.

7. Ярчук И.И., Кравченко Р.Н., Арутюнян Э.Т. Источники сырья, обеспечивающие производство физиологически активных препаратов гумусовой природы // Гуминовые удобрения. Теория и практика их применения. Днепропетровск, 1992. С. 9-16.

8. Matthias H. Review on Attempts for Structural Elucidation of Humic Substances – Biological Activity // Übersicht über Versuche einer Strukturfindung bei Huminstoffen – Biologische Aktivität. Moorthérapie 2000 / Peat Therapy on it's Way into the next Millenium. - Bad Kissinger (Germany), 2000. P. 115-120.

9. Наумова Г.В. Углеводно-гуминовый комплекс торфа, его переработка и использование: Автореф. дис... докт. техн. наук. Минск, 1987. 32 с.

10. Степченко Л.М. Показатели гуморального иммунитета у цыплят-бройлеров в зависимости от кормового фактора // Науковий вісник НАУ, 2004. Вип. 78. С. 182-185.

11. Csicsor J., Toth A. Application possibilities of peat humic acids in veterinary practice // Moorthérapie 2000 // Peat Therapy on it's Way into the next Millenium. - Bad Kissinger (Germany), 2000. P. 67-80.

12. Stepchenko L. The adaptive action of the peat preparations effect. Surtaining our Peatlands (Program with abstracts of the 11-th International Peat Congress.). Quebec, Canada, 2000.

13. Stepchenko L., Tikhonov J. The impact of peat preparations on the reduction of past-vaccine compliations with chickens Die Moorthérapie aur drm Wege ins nachste Jahrtausend. – Bad Kissinger, 1999.

14. Степченко Л.М. Механизмы формирования биопродукции у быстрорастущей птицы под влиянием препаратов гуминовой природы // Вісник Дніпропетровського державного аграрного університету. 2005. № 2. С. 237-241.

15. Gryban V., Stepchenko L., Masjuk D., Stoian V. Experience in natural humic substances preparations in veterinary medicine. Moorthérapie, 2000. Peat Therapy on in's way into the next Millenium. Bad Kissinger, Germany, 2000.

16. Stepchenko L., Chornaya V. Role of humic preparation in regulation protein metabolism of fast-growing chicks // In the 10th International Peat Congress – Stuttgart (Germany), 1996. P. 555-558.

17. Zhorina L., Stepchenko L. Amino acid and fatty acid structure of the broilers' meat after adding peat hydrolysis's products to their diet // Chemical, physical and biological processis in peat soils-Yokioinen (Finland), 1999. P. 120-121.

18. Lotosh T., Solovieva V., Zaporozhenko O. New peat preparations worked out according to V.P. Filatov's method as hepatoprotectors // Moorthérapie 2000 / Peat Therapy on it's Way into the next Millenium. - Bad Kissinger (Germany), 2000. P. 172-174.

19. Степченко Л.М., Скорик М.В., Лосева Є.О. Функціональний стан печінки курей-несучок при введенні до раціону препаратів гумінової природи різного походження // Науково-технічний бюллетень інституту біології тварин і державного науково-дослідного контрольного інституту ветпрепаратів та корм. добавок. 2005. Вип. 6. № 3, 4. С. 381-386.

20 Степченко Л.М., Гончарові О.В., Брузницький А.О. Ріст розвиток страусят чорної африканської породи в залежності від кормового фактору // Птахівництво: Міжвід. темат. наук. зб. 2005. Вип. 57. С. 244-246.

21. Степченко Л.М., Лосева Е.А. Влияние введения в рацион комплексной гумино-селено-витаминовой добавки для кур-несушек // Птахівництво: Міжвід. темат. наук. зб. 2005. Вип. 57. С. 247-250.

Use of humic preparations from peat in the agricultural production: the condition of the problem and prospect of development

L.M. Stepchenko

In clause results of application peat humic preparations are described as fodder additives for veterinary science. The spectrum of biological action of preparations humic the nature is described.

Адсорбционные материалы на основе торфа: перспективы использования для ликвидации аварийных разливов нефти на воде и почве

Т.И. Бурмистрова¹, Т.П. Алексева¹, Л.Д. Стахина², Н.Н. Терещенко¹

¹Сибирский НИИ сельского хозяйства и торфа СО РАСХН г. Томск, sibniit@mail.tomsknet.ru

²Институт химии и нефти СО РАН, г. Томск, sl@ipc.tsc.ru

В работе приведены данные по исследованию эффективности мелиорантов и сорбентов на основе торфа при ликвидации аварийных разливов нефти на воде и почве.

Введение

Проблема защиты окружающей среды приобретает в последнее время глобальный характер, а разработка методов защиты становится предметом

усилий все большего числа исследователей. В этих целях используются различные технологические процессы, основанные на сорбции, ионном обмене, испарении, электродиализе и др.

Одним из актуальных вопросов природоохранного характера является предотвращение и ликвидация загрязнения природных объектов нефтью и продуктами ее переработки. Ни один другой загрязнитель, как бы опасен он не был, не может сравниться с нефтью по широте распространения, количестве источников загрязнения, величине нагрузок на все компоненты природной среды при аварийных разливах нефти.

Нефть и ее компоненты токсичны для агроэкосистемы. Под их влиянием изменяется численность основных физиологических групп микроорганизмов, существенным образом модифицируется почвенная микробиота, изменяются агрофизические и агрохимические свойства почвы, снижается активность окислительно-восстановительных и гидролитических ферментов, ухудшается обеспеченность почвы подвижными формами азота и фосфора. В результате нарушается экологическое состояние и изменяется структура биоценозов.

Основываясь на мировом и отечественном опыте, в настоящее время одним из перспективных решений удаления нефти с водных поверхностей и почвы является использование сорбционных и биосорбционных технологий, предусматривающих применение специальных нефтепоглощающих материалов, как правило, со средствами механической обработки [1-8].

Высокий уровень химического загрязнения почвенного покрова, превышающий предельно допустимые концентрации, и длительность «естественного» самоочищения почв приводит к разработке методов микробиологической деструкции нефти и нефтепродуктов. Перспективным направлением рекультивации нефтезагрязненных почв является использование методов микробиологической деструкции нефти и ее компонентов микроорганизмами торфа. Торф, вследствие своей структуры и наличия углеводородоксилирующих микроорганизмов может служить как сорбентом нефтяных компонентов, так и их деструктором. Кроме того, микрофлора торфяников, развивающаяся в условиях полуразрушенной органики, обладает сильной деструктивной активностью и при попадании в среду, содержащую нефть, не требует длительного адаптационного периода.

Цель настоящей работы – разработка способов получения высокоэффективных мелиорантов и сорбентов для ликвидации последствий нефтяного загрязнения почвы и водных поверхностей, способствующих оздоровлению нефтезагрязненных почв, позволяющих значительно сократить сроки рекультивации. Для решения поставленной цели проводились экспериментальные исследования по определению сорбционной способности различных типов торфа к нефти, численность углеводородоксилирующей микро-

флоры и ее активности в различных торфах, а также определение степени биодegradации нефтяных углеводородов, составу и доз внесения сорбентов и мелиорантов. Сорбционная емкость торфа по отношению к нефти зависит от степени разложения и составляет для верховых торфов 8-10, для низинных 6-8 г нефти/1 г а.с.в. Численность углеводородокисляющих микроорганизмов в торфах в 4-5 раз превышает аналогичный показатель для почв.

После физико-химической активации торфа количество исследуемых в нем микроорганизмов возрастает в 100 раз и составляет в среднем $5 \cdot 10^{10}$ клеток/ 1 г а.с.в. Углеводородокисляющее сообщество торфа весьма разнообразно в видовом отношении, основу его составляют мезофильные бактерии, актиномицеты и проактиномицеты. Относительно высокая сорбционная емкость торфа по отношению к нефти и наличие углеводородокисляющей микрофлоры позволяет использовать активированный торф в качестве перспективного мелиоранта нефтезагрязненных почв. Для получения мелиоранта был использован торф низинного типа при влажности 55-70 % и минеральные добавки, содержащие азот и фосфор [2, 4, 5].

Методика исследований

Производственный опыт по проверке эффективности торфяных мелиорантов был заложен на территории Усть-Балыкского нефтяного месторождения Нефтеюганского района. После внесения торфяного мелиоранта с почвенного горизонта глубиной 5-10 см были отобраны сборные пробы со всех вариантов опыта для анализа исходного содержания нефти в почве. Пробы почвы были также отобраны и по завершении опыта.

Схема опыта по исследованию эффективности полученных торфяных мелиорантов на деструкцию нефтяных углеводородов в почве включала следующие варианты:

Контроль – нефтезагрязненная почва;

Вариант 1. Нефтезагрязненная почва + торфяной мелиорант 1;

Вариант 2. Нефтезагрязненная почва + торфяной мелиорант 2;

Вариант 3. Нефтезагрязненная почва + торфяной мелиорант 1;

Вариант 4. Нефтезагрязненная почва + торфяной мелиорант 3.

Эффективность торфяных мелиорантов оценивалась степенью деструкции нефтяных углеводородов, а также изменениями, произошедшими внутри группы парафино-нафтеновых углеводородов нефти (табл. 1). Влияние торфяных мелиорантов на биологическую активность нефтезагрязненной почвы оценивалось динамикой численности углеводородокисляющих микроорганизмов. Количественное определение нефтяных углеводородов проводили двумя методами – весовым и ИК-спектрометрическим. Как видно из результатов, приведенных в таблице 1, сходимость двух методов удовлетворительная.

Результаты исследований

Полученные экспериментальные данные свидетельствуют, что во всех рассматриваемых вариантах за время проведения опыта процессы деструкции нефтяных углеводородов происходили с различной интенсивностью (см. табл. 1). Как показывают результаты, степень очистки определяется исходным уровнем загрязнения. Чем ниже исходный уровень загрязнения (см. табл. 1, вар. 4), тем выше степень очистки.

Таблица 1

Изменения, произошедшие с нефтью под действием торфяных мелиорантов

Варианты опыта	Время опыта	Содержание, г/кг почвы		Степень очистки, %	Углеводородный индекс (K _i)	
		Весовой метод	ИК-спектрометрический		исходное	конечное
Контроль	Исходное состояние	120.0	115.3		0.67	
	Спустя 3.5 месяца	115.0	110.3	4		0.7
1	Исходное состояние	121.3	93.04		0.67	
	Спустя 3.5 месяца	45.5	35.56	65		2.08
2	Исходное состояние	134.9	143.8		0.88	
	Спустя 3.5 месяца	43.7	37.7	74		1.57
3	Исходное состояние	172.5	171.9		0.62	
	Спустя 3.5 месяца	77.2	61.6	55		1.64
4	Исходное состояние	74.3	56.0		0.8	
	Спустя 3.5 месяца	8.9	6.0	89		2.57

Для учета распределения в составе парафино-нафтенной фракции изопреноидов и н-алканов, использовали углеводородный индекс (k_i) – отношение суммы изо-алканов пристана и фитана к сумме нормальных алканов. k_i образцов, отобранных летом (см. табл. 1, вар. 1-4) указывает на преобладание н-алканов в продуктах загрязнения. В конце летнего сезона k_i возрос в 2-3 раза (см. табл. 1, вар. 2-4), что говорит о преимущественном содержании изо-структур. В нефтях, не подвергшихся процессам деструкции, значение углеводородного индекса k_i меньше 1.

Несмотря на то, что сразу после внесения торфяных мелиорантов общее количество углеводородокисляющих микроорганизмов изменилось незначительно, отмечено увеличение в составе микробоценоза неспорообразующих бактерий, что свидетельствует о снижении токсичности почвы и об улучшении водно-воздушного режима (табл. 2).

Таблица 2

Влияние торфяных мелиорантов на численность углеводородокисляющих микроорганизмов в нефтезагрязненной почве, $N 10^6$ клеток/ 1 г а.с.в.

Вариант опыта	Общая численность	Бациллы	Бактерии		Дрожжи	Кокки
			абсолютное значение	% от общей числен-		
Исходное состояние						
1	14.9	13.9	0.9	6.2	0	0
2	37.9	36.2	1.7	4.5	0.9	0
4	20.7	19.7	0	0	0.9	0
После внесения мелиоранта						
1	17.9	15.7	2.1	12	0	0
2	25.7	23.4	2.3	9	0	0
3	210.5	185.1	0	0	25.3	0
4	45.2	37.8	5.4	12	0.1	1.8
Через 3.5 месяца после внесения мелиоранта						
1	1019.5	733.6	285.9	28	0	0
2	217.6	161.0	56.6	26	0	0
3	814.5	692.3	122.2	15	0	0
4	18.0	12.6	5.4	30	0	0

На основании проведенных исследований можно сделать следующее заключение. Торфяные мелиоранты, разработанные в Сибирском научно-исследовательском институте торфа показали высокую эффективность реабилитации нефтезагрязненных почв. Степень очистки нефтезагрязненной почвы за 3,5 месяца составила 60-90 % в зависимости от исходного уровня загрязнения. При этом на контрольном варианте без внесения торфяного мелиоранта никаких изменений за этот период не отмечено (степень очистки почвы составила 4 %)[6-8].

По окончании опыта на всех участках, подвергшихся рекультивации, визуально наблюдается восстановление растительности. Применение торфяных мелиорантов положительно сказалось на росте численности углеводородокисляющих микроорганизмов в почве и ее ферментативной активности даже при высокой степени ее загрязнения нефтью. Окончательная реабилитация нефтезагрязненной территории достигается в последующий весенне-летний период без дополнительного внесения торфяного мелиоранта.

Одним из актуальных вопросов природоохранного характера в районах нефтедобычи является предотвращение и ликвидация загрязнения водной поверхности нефтью. В условиях Севера острота его возрастает в связи с низким самоочистительным потенциалом вод.

Как показали проведенные нами исследования для очистки водной поверхности при аварийных разливах нефти и при очистке водных акваторий от углеводородных пленок использование торфа в качестве сорбента весьма перспективно [3].

В связи со сложностью состава торфа и зависимости его физико-химических свойств от ряда факторов, с целью научного обоснования подхода к выбору сырья для создания сорбентов на его основе проведены исследования по выявлению зависимости сорбционных свойств торфа от его вида, степени разложения, дисперсности и т.д. Установлено, что наибольшей сорбционной способностью по отношению к нефти обладает верховой сфагновый торф низкой степени разложения с губчатой и волокнистой структурой.

Для получения сорбента был использован верховой торф моховой группы низкой степени разложения (5-10 %), характеризующийся высокой пористостью и развитой клеточной структурой, модифицированный путем высушивания при 100-120°C.

Проверка эффективности торфяного сорбента для ликвидации нефти с водной поверхности проведена в лабораторных условиях и показала следующее:

- сорбционная емкость – 8-10 г нефти/г сорбента;
- время насыщения нефтью до предельной величины 5-10 мин.;

- селективность по отношению к нефти в системе нефть-вода – 95-98 %;

- удельный расход сорбента (г/г нефти) – 0.11-0.22.

После насыщения сорбента нефтью до предельной величины его полностью удаляют с водной поверхности с помощью сетчатой ловушки. Насыщенный нефтью сорбент возможно использовать в дорожном строительстве или для приготовления топливных брикетов. Разработанный сорбент является экологически чистым природным продуктом, что делает способ его применения экологически безопасным.

Литература

1. Вечер Д.А., Зюзин Б.Ф., Томсон А.Э. Ресурсосберегающие технологии получения сорбционных материалов на основе торфа // Торфяная отрасль России на рубеже XXI века: Проблемы и перспективы. Тверь. 1999. Ч.1. 164 с.

2. Алексеева Т.П., Бурмистрова Т.И., Терещенко Н.Н., Перфильева В.Д., Стахина Л.Д. «Способ очистки почвы от загрязнения нефтью и нефтепродуктами» Патент РФ № 2137559 Зарегистрирован в Госреестре изобретений РФ 20.09.1999 г.

3. Алексеева Т.П., Бурмистрова Т.И., Перфильева В.Д. «Способ очистки водной поверхности от нефтяных загрязнений» Патент РФ № 2119134 Зарегистрирован в Госреестре изобретений РФ 20.12.2003 г.

4. Алексеева Т.П., Бурмистрова Т.И., Перфильева В.Д., Терещенко Н.Н. «Состав для очистки почвы от нефтяных загрязнений» патент РФ № 2238807 зарегистрирован в Госреестре изобретений РФ 27.10.2004 г.

5. Алексеева Т.П., Бурмистрова Т.И., Терещенко Н.Н. и др. Перспективы использования торфа для очистки нефтезагрязненных почв // Биотехнология. 2000. № 1. С. 58-65.

6. Бурмистрова Т.И., Алексеева Т.П., Стахина Л.Д. Решение проблем загрязнения среды при разработке и эксплуатации нефтяных и газовых месторождений // Труды VI Международной конференции. М. 2002. С. 213-216.

7. Алексеева Т.П., Бурмистрова Т.И., Терещенко Н.Н. и др. Биодеструкция нефтяных загрязнений под действием микроорганизмов торфа // Нефтепереработка и нефтехимия. 2001. № 5. С. 57-61.

8. Бурмистрова Т.И., Алексеева Т.П., Стахина Л.Д. Микробиальная очистка почв при разработке и эксплуатации нефтяных и газовых месторождений // Труды международной конференции. Томск. 2002. С. 230-233.

**Adsorptive materials based on peat:
perspective of using for petroleum pollution removal both
of water and soil ecological systems**

T.I. Burmistrova, T.P. Alekseeva, L.D. Stakhina, N.N. Tereshchenro

The present work contains the data of investigation of efficiency of meliorants and sorbents based on peat for petroleum pollution removal both of water and soil ecological systems. In the presence of peat-mineral compositions in soils and water contaminated with petroleum iodegradation of the hydrocarbons are more rapid.

Часть II.

СИМПОЗИУМ МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ

Итоги, состояние и перспективы сельскохозяйственного торфопользования в России

Т.Ю. Анисимова

ВНИПТИОУ РАСХН, г. Владимир, vnion@vtsnet.ru

Рассмотрены основные направления экологически безопасного и эффективного торфопользования в сельском хозяйстве России. С позиции экологии и экономики доказана целесообразность освоения торфяников под агроценозы, особенно многолетние травы.

Торфяные болота и торф являются компонентами биосферы и крупным природным ресурсом комплексной биологизации растениеводства и животноводства России, занимающей первое место в мире по площади торфяников и запасов разнообразного торфяного сырья.

Торфяники участвуют в регулировании водного, теплового, углеродного, азотного и всего геохимического режима планеты, в глобальном и местных круговоротах биогенных веществ, являются поглотителем тяжелых металлов, накопительным экраном полезных и вредных веществ атмосферы. Разнообразие типового, видового, химического состава и свойств торфа позволяет получать из него не только экологически безопасные удобрения, но и многие другие ценные продукты, а также конкурентоспособную продукцию для сельского, народного хозяйства и населения. До 70 % добываемого в мире торфа и продуктов его переработки потребляется сельским хозяйством. Наиболее экономически выгодно и экологически целесообразно комплексное освоение крупных торфяных залежей на основе промышленных технологий при целевом безотходном использовании торфяных фондов.

Краткие итоги экстенсивно-потребительского торфопользования в России

Болота и заболоченные земли в РФ с наличием торфа занимают более 21 % территории страны. Заболоченные площади со слоем торфа менее 30 см на 01.01.2002 г. составляют 230 млн. га. Болота со слоем более 30 см занимают 140.8 млн. га или 8 % территории России. По типам залежи наиболее распространены верховые – 53 %, далее низинные – 28.9 %, переходные – 15.1 % и смешанные – 3 %. Ресурсы торфа, размещенные на 57.4 тыс. месторождений на площади 50.8 млн. га, оцениваются в 168.3 млрд. т. Территориально торфяники размещены крайне неблагоприятно: 16 % площади в Европейской части стра-

ны и 84 % - в Азиатской, 73 % - в зоне вечной мерзлоты, 71 % - в тайге, 29 % - в тундре и лесотундре.

Среди основных направлений торфопользования в России, включая рудно-сырьевое, почвенное, технологическую переработку и природоохранное, преобладало сырьевое с годовой рентабельностью в торфопредприятиях 4-5 %. За столетие 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 40 млн. т зерновых единиц.

До 90-х гг. доля торфа в органических удобрениях России достигала 12-15 %, 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. Использование осуществлялось при активной финансовой и технической поддержке со стороны государства при недостаточном учете экологических требований и ограниченных ресурсах торфа в районах интенсивного потребления. При этом во многих случаях навсегда уничтожали торфяные месторождения, небольшие по площади, удобно приближенные к полям и фермам. Так, в Волго-Вятском регионе по состоянию на 01.01.98 г. было выработано 1111 месторождений. Осталось 945. Средняя площадь выработанного месторождения 36 га.

В результате проведения комплекса агромелиоративных мероприятий продуктивность торфяных почв может возрастать в 5-6 и более раз. Вместе с тем при сельскохозяйственном освоении торфяника накопление органического вещества в нем сменяется активной минерализацией, которая в 10-30 раз превышает накопление торфа в естественной залежи.

Ресурсосберегающее использование органогенных торфяных почв в период интенсификации земледелия

К концу 1990 г. площадь осушенных земель в Нечерноземье достигла 3850.9 тыс. га. Из них под пашню – 2893.7 (59.6 %), под сенокосы - 832.2 (21.6 %), под пастбища – 725.0 тыс. га (18.8 %). В сравнении с 1967г. она возросла в 3.1 раза. Однако к 2005 г. почти полностью прекратился уход за осушительными системами. Из-за отсутствия удобрений резко снизилась продуктивность всех видов сельскохозяйственных угодий, размещенных на мелиорированных торфяниках. Прекращено освоение новых площадей низинных и переходных типов залежи.

Следует отметить, что восстановление запущенных и мелиорированных ранее площадей значительно дешевле нового освоения. Восстанов-

ление использованных почв целесообразно, если слой торфа превышает 80 см. После сырьевой выработки залежи и сохранения 60-80 см торфа необходимо дальнейшее освоение торфяника под агроценозы с высоким уровнем грунтовых вод. К группе таких культур относятся многолетние сеяные травы.

Как отмечает Л.И. Инишева, запасы азота в низинных торфяных почвах по расчетам И.В. Тюрина близки к запасам азота в мощных черноземах, а по расчетам В.Н. Ефимова и В.П. Царенко - значительно их превосходят. Поэтому новое освоение низинных торфов весьма привлекательно и заслуживает внимания. В связи с повышением возможности засух и возросшей пожароопасностью со стороны населения желательнее предусматривать двойное регулирование водного режима (осушение - орошение). Освоение новых массивов торфяных почв под агроценозы целесообразно только при условии интенсивного применения полного минерального удобрения и извлекательных материалов, а также микроудобрения.

Вегетационный период на торфяниках с их жестким тепловым режимом короче, чем на соседних минеральных почвах. Поэтому особого внимания требует своевременность проведения всех видов полевых работ, включая сроки уборки травостоя и других культур. Только при высокой технологической культуре земледелия возможно получение стабильно высоких урожаев лучших кормов, сбалансированных по питательности, дешевых и конкурентоспособных.

Многолетние травы - основное звено биологизации технологий земледелия на освоенных торфяниках

В структуре сельскохозяйственных угодий на торфяниках РФ (пашня, сенокосы и пастбища) травы занимают более 80-90 % площади. Многолетние злаковые и бобово-злаковые травосмеси являются основным продуктом урожая и биологическим средством воспроизводства плодородия торфяных почв. Травам принадлежит доминирующая роль в комплексном ресурсосбережении, эффективном пролонгированном торфопользовании, при минимальном снижении уровня грунтовых вод. Травы обеспечивают создание прочной сбалансированной по питательности и дешевой кормовой базы в условиях жесткого температурного режима и более короткого безморозного периода на торфяниках.

Бобовые травы с участием растения-хозяина, клубеньковых бактерий, эндотрофной микоризы и ризосферной микробиоты являются азотфиксаторами, накопителями азота и совместно со злаками наиболее активными средовосстановителями. На почвах низкого плодородия и недостаточно удобряемых участие бобовых трав в травостоях обязательно и должно

возрастать. На окультуренных и интенсивно удобряемых почвах видовое соотношение компонентов должно быть сдвинуто в пользу злаков. На холодных торфяных почвах стержневая корневая система бобовых слабо развивается. Их конкурентоспособность ослабляется также на окультуренных торфяных почвах с благоприятным азотным режимом. Поэтому в травосмесях на окультуренных торфяниках, особенно при интенсивном удобрении, бобовые вытесняются злаками и выпадают. Однако их введение в травосмесь целесообразно при освоении торфяника в первые годы после осушения залежи.

Травы имеют наиболее короткий цикл формирования урожая и самовоспроизводства. Даже на широте Вологда - Киров они дают два укоса в год. При каждом укосе и удалении их надземной массы происходит сброс или отмирание части корневой системы и обогащение почвы свежим органическим веществом, активно участвующим в микробиологических и агрохимических процессах. При отрастании вновь накапливается биомасса и восстанавливается их корневая система. Травы улучшают все агрономически важные свойства почвы - физические, агрохимические, микробиологические, улучшают ее водный и тепловой режим, создают ее микроструктуру, накапливают биологический азот в почве и переводят труднодоступные элементы питания растений из подпахотного горизонта в пахотный.

Основные направления сельскохозяйственного торфопользования

Из краткого рассмотрения нами материалов по изучению торфяников следует, что проблема основных направлений торфопользования достаточно разработана и ближайшие годы может решаться в производственных условиях на научной основе. Вместе с тем возрождение сельскохозяйственного торфопользования на более совершенном уровне сдерживается недостатками законодательной базы, тяжелым финансовым положением сельскохозяйственных и торфяных предприятий, недостатком общей и специализированной машинной техники, низким уровнем профессионализма кадров в сельском хозяйстве, неудовлетворительной организацией научно-информационного обеспечения.

Основные направления дальнейшего развития научных основ сельскохозяйственного торфопользования и оптимизации технологий использования ресурсов торфяников следующие:

- разработать и внедрить документацию, регламентирующую комплексное использование осушенных торфяных болот и вовлечение в хозяйственный оборот выработанных торфяников;

- обеспечить высокую продуктивность и конкурентоспособность мелиорированных ранее торфяных почв и освоение новых залежей низинного торфа с использованием под наиболее эффективные агроценозы с участием многолетних трав;
- откорректировать и внедрить агромелиоративный технологический комплекс, гарантирующий получение стабильно высоких урожаев конкурентоспособной продукции растениеводства на осушенных торфяниках;
- в связи с переводом ферм на подстилочное содержание животных возрастет потребность в подстилочном торфе со степенью разложения 10-25 % и зольностью до 15 %;
- усовершенствовать и внедрить системы двустороннего регулирования уровня грунтовых вод на участках осушенных болот с нестабильным гидрологическим режимом;
- для сельскохозяйственных предприятий увеличить производство торфопометных компостов и компостов с экономным расходом торфа, обеспечивающих высокие прибавки урожая и повышенную рентабельность продукции растениеводства;
- разработать новые виды и формы экологически чистых органических и органоминеральных удобрений и питательных грунтов с дифференцированным учетом агрохимических свойств торфяного сырья, требований сельскохозяйственных культур и почвы, для которой готовятся удобрения;
- в ближайшей перспективе необходима более широкая переработка торфяного сырья для получения мелассы, кормовых дрожжей, стимуляторов роста и другой востребуемой продукции для сельского хозяйства.

Results, state and perspectives of agriculture peat in Russia

T.U. Anisimova

The general directions of ecology safe and efficient peat use in Russia agriculture have been considered. It has been proved of most expedient way of rational use of peat and conservation of resources in agricultures is peat-log development for agrophytocenoses.

Осушенные болотные почвы Замландского полуострова, их использование и деградация

О.А. Анциферова

Калининградский государственный технический университет,
г. Калининград anciferova@inbox.ru

Представлены результаты исследования осушенных болотных низинных почв различных геоморфологических районов. Рассмотрены данные о гидротермической и пирогенной деградации, трансформации почв в результате планировки поверхности.

Введение

Замландский полуостров – это самая западная часть Калининградской области. Большинство почв, использующихся в сельском хозяйстве области осушается различными способами [1]. Болотные низинные почвы составляют около 10 % от всей площади области, а на полуострове наибольшие ареалы этих почв расположены на юге в пределах песчаных равнин. С 60-х годов 20 в. широко развернулись работы по реконструкции и восстановлению дренажной сети на осушаемых землях. Однако, систематических исследований влияния осушительных мелиораций на болотные почвы Замландского полуострова не проводилось. В то же время интенсивное использование почв в сельском хозяйстве, техногенные нарушения и пожары в значительной степени изменяют свойства, процессы и режимы таких почв.

Методика исследований

В пределах Замландского полуострова выделяются три основных геоморфологических района, в которых встречаются болотные низинные почвы: район холмисто-моренных равнин, занимающий большую часть полуострова; район песчаных равнин (древнеаллювиального, аллювиально-морского и озерно-аллювиального генезиса) на юге полуострова; речные долины.

Торфообразователями чаще всего являлись тростник, ольха черная, осоки, гипновые мхи. Условия образования и способы осушения болотных низинных почв полуострова несколько различаются (табл. 1).

Результаты исследований

Используется метод повторного детального почвенного картографирования с целью выяснения антропогенной эволюции почв. Изучаются физические и химические свойства.

*Особенности формирования и использования болотных почв
Замландского полуострова*

Характеристики	Холмисто-моренные равнины	Древне-аллювиальные равнины	Аллювиально-озерные равнины	Прибрежные равнины	Речные долины
Залегание по рельефу	В глубоких межхолмных понижениях	В замкнутых и сточных котловинах	В замкнутых котловинах	Низменные морские понижения	Притеррасная пойма, низменные побережья
Площадь и форма ЭПА*, га	0.3-1.0 га, ЭПА в основном округлой формы	2-30 га, ЭПА округлой формы	5-20 га и более, ЭПА округлой формы	10 га и более, ЭПА вытянутой формы	2-20 га, ЭПА в основном вытянутой, формы
Подстилающие породы	Пески, суглинки, глины, в т.ч. карбонатные	Грубозернистые пески	Пески, а в глубоких понижениях – сапропель	В основном пески, в т.ч. карбонатные	Пески, суглинки, глины, слоистый аллювий
Способ осушения	Закрытый дренаж	Польдерные системы, осушительно-оросительные системы	Открытый дренаж		
Сельскохозяйственное использование	Полевые севообороты, сенокосы, пастбища	Полевые и овощные севообороты	Овощные севообороты	Заболоченные сенокосы	Полевые севообороты, сенокосы, пастбища

Примечание: *- элементарный почвенный ареал.

Основными факторами антропогенно инициированного изменения болотных почв являются: 1) осушительные мелиорации и последующая гидротермическая деградация; 2) капитальная планировка микрорельефа в агроландшафтах; 3) пирогенная деградация.

Для болотных почв в холмисто-моренных агроландшафтах типичны мелкоконтурные ареалы. Выделяются болотные почвы, сформировавшие-

ся на бескарбонатных отложениях (водно-ледниковых и моренных песках, суглинках) и на карбонатных отложениях (озерно-ледниковых суглинках, глинах или сапропелях). Химические свойства болотных почв находятся в прямой зависимости от подстилающей минеральной породы. Так, перегнойно-торфяные почвы на песках отличаются бедностью элементами питания, кислой реакцией среды и потому требуют внесения удобрений и известкования в повышенных дозах. Нередко почвы содержат в профиле плотный ортзандовый горизонт. При глубоком осушении таких мелкозалежных торфяников происходит быстрая сработка торфа. Так, результаты исследований на участке “Грачевка-1” показывают, что за 15 лет осушения уровень грунтовых вод опустился до 1-1.5 м; зольность возросла с 25 % в среднем до 30-50 %. Несколько увеличилась плотность сложения торфяного горизонта с 0.18-0.22 до 0.36 г/см³. Однако на ортзандовых горизонтах наблюдается поверхностное заболачивание.

Перегнойно-торфяно-глеевые почвы, сформировавшиеся на карбонатных отложениях имеют повышенную зольность (30-35 %), реакция среды варьирует от слабокислой до нейтральной. В результате осушения выявлены сходные, с описанными выше, закономерности в изменении свойств почв.

В агроландшафтах древнеаллювиальных и аллювиально-озерных равнин наибольшие темпы гидротермической деградации почв характерны для овощных севооборотов. На открытой пашне в солнечный день влажность в слое 0-5 см падает до 15-21 %, что приводит к быстрой минерализации перегнойного и нижележащего торфяного горизонтов. Так, за 20 лет, прошедших со времени реконструкции осушительно-оросительной сети на ключевом участке “Люблино” в пределах аллювиально-озерной равнины скорость сработки торфа составила 20-40 см, часть перегнойно-глеевых почв эволюционировала в дерново-глееватые, а перегнойно-торфяно-глеевых почв - в перегнойно-глееватые.

В холмисто-моренных агроландшафтах Замландского полуострова одним их факторов глубокого преобразования почв является капитальная планировка микрорельефа. В результате планировки мелкоконтурные ареалы болотных низинных почв подвергались засыпке минеральным грунтом мощностью 20-60 см. Техногенные нарушения болотных почв возникают и в местах закладки дренажа [2]. В ходе опускания уровня грунтовых вод после осушения участка торфяные и перегнойные горизонты погребенных почв частично или полностью оказываются в зоне аэрации. Однако, засыпка может тормозить минерализацию торфа погребенных почв при сочетании следующих условий: мощность засыпки свыше 50 см, высокая плотность насыпного слоя, капиллярная кайма грунтовых вод находится в пределах погребенного торфяного горизонта.

Фактором необратимой деградации болотных почв являются пожары. При выгорании мелкозалежных торфяников возникают пирогенно-измененные почвы и пирогенные образования [3]. Помимо трансформации морфологического облика почвы [4], при пожарах резко изменяются химические свойства, прежде всего реакция среды (табл. 2).

Таблица 2

Динамика $pH_{вод}$ на участках выгорания осушенных болотных низинных почв холмисто-моренных равнин

Ключевой участок	Почва	Глубина, см	Динамика $pH_{вод}$ по годам			
			2002	2003	2004	2005
Шиповка-2	Перегноино-торфяно-глеявая на карбонатных сапропелевых отложениях	0-10	7.3	7.2	7.2	7.2
		10-20	7.2	7.1	7.1	6.9
	Пирогенно-измененная	0-10	9.9	8.3	8.3	8.3
		10-20	9.8	8.1	8.3	8.4
Грачевка-1	Перегноино-торфянистая ортзандовая на водно-ледниковых песках	0-10	4.5	4.4	4.6	4.5
		10-20	4.4	4.4	4.5	4.4
	Пирогенно-измененная	0-10	6.6-6.7	7.2-7.6	6.0-7.0	5.5-6.9
		10-20	4.5-6.6	6.9-7.6	6.0-6.5	4.5-5.0

Примечание: выгорание произошло в октябре-ноябре 2002 г.; средняя осадка составила 40-50 см. В таблице представлены средние значения за год.

Как видно из таблицы 2, реакция среды пирогенного горизонта отчетливо различается у почв, сформировавшиеся на различных по химическому составу породах. $pH_{вод}$ большинства пирогенных образований имеет щелочные значения. Это объясняется присутствием в золе гидролитически щелочных соединений, прежде всего K_2CO_3 . С течением времени растворимые щелочные соли вымываются и $pH_{вод}$ сдвигается в нейтральную сторону с последующей стабилизацией на определенном уровне. В болотных почвах на карбонатных отложениях среднещелочные значения pH пирогенного слоя отмечаются не менее чем

три-четыре года, в то время как на кислых и ненасыщенных почвах рН золь гораздо быстрее стремится к исходному уровню. Помимо этого, выявлена выраженная устойчивая во времени оструктуренность пирогенного материала в почвах на карбонатных отложениях. Пирогенные горизонты на бескарбонатных породах представлены пылеватым бесструктурным материалом и подвержены в первый год существования интенсивной ветровой эрозии.

Участки выгорания быстро заболачиваются и на них интенсивно начинают разворачиваться пирогенные сукцессии в направлении формирования вторичных болотных фитоценозов.

Заключение

Установлены особенности болотных низинных почв в агроландшафтах различных природных районов Замландского полуострова и выявлены основные направления их антропогенной эволюции: гидротермическая деградация, капитальные планировки поверхности мелиорируемых земель, пирогенная деградация.

Литература

1. Доклад о состоянии и использовании земель Калининградской области за 1999 г. Калининград, 2000. С. 18.
2. Анциферова О.А. Трансформация болотных низинных почв в результате планировки и осушительной мелиорации // Известия КГТУ. Калининград, 2004. № 7. С. 40-44.
3. Зайдельман Ф.Р. Пирогенная и гидротермическая деградация торфяных почв, их агроэкология, песчаные культуры, земледелие, рекультивация / Ф.Р. Зайдельман, А.П. Шваров. М., 2002. 165 с.
4. Анциферова О.А. Пирогенные образования при выгорании осушенных мелкозалежных торфяников в агроландшафтах Калининградской области. // Вопросы сельского хозяйства / Междунар. сборник научных трудов. Калининград, 2004. С. 148-158.

Drained peat soils of Samland Peninsula, use and degradation O.A. Antziferova

The factors and results of transformation peat soils in different geomorphological conditions are considered. There is aroused investigations hydrothermic and pirogenic degradations and some properties of pirogenic materials.

Параллельные вычислительные технологии и математическое моделирование торфяных пожаров

Н.В. Барановский

Научно-исследовательский институт прикладной математики и механики,
г. Томск, fredanger@narod.ru

Рассматриваются подходы распараллеливания на примере торфяного пожара по физико-математическим процессам, геометрическое распараллеливание, а также конвейерный алгоритм распараллеливания. Рассматриваются схемы декомпозиции области решения. Представлены приближенные теоретические оценки времени исполнения, ускорения и эффективности параллельных программ, разработанных по предлагаемой технологии.

Введение

Цель настоящей работы - разработать основные принципы параллельной реализации на суперкомпьютерах общей математической модели торфяных пожаров с учетом физико-химических процессов, а также представить оценки времени исполнения, ускорения и эффективности параллельных программ.

Проблемы численной реализации рассматриваемых задач теории торфяных пожаров связаны с обеспечением точности и устойчивости решений систем нелинейных дифференциальных уравнений в частных производных. С одной стороны, это требует уменьшения размеров шагов дискретизации и увеличения разрядности, что в свою очередь усложняет алгоритм и требует больших вычислительных ресурсов и, как следствие, распараллеливания вычислительных операций. С другой стороны, применяются неявные схемы дискретизации, что в свою очередь затрудняет процедуру распараллеливания.

Распараллеливание по физико-математическим процессам, геометрическое, конвейерное

Одним из подходов является декомпозиция исследуемого сложного физического явления торфяных пожаров по составляющим его подпроцессам, и соответственно разбиение алгоритма решения полной задачи на ряд алгоритмов для решения составляющих подзадач. Физическая декомпозиция может быть применена при решении задачи моделирования сложного природного пожара, когда задача решается в сопряженной постановке. Примерами таких задач могут служить сложный верховой пожар и про-

цесс перехода низового лесного пожара в торфяной. Кроме того, в каждом отдельном блоке может использоваться более глубокий уровень распараллеливания каждого отдельно взятого подпроцесса, отвечающего какому-либо физико-математическому процессу.

Вторым подходом к организации распараллеливания задач теории торфяных пожаров является метод геометрической декомпозиции области решения задачи. Данный вид декомпозиции заключается в разделение всей области интегрирования на ряд подобластей и одновременном расчете в каждой такой подобласти с последующей сшивкой решений. Проблемы интерполяции и аппроксимации могут возникать при сшивке решений в подобластях, грани которых содержат разное количество узлов.

Рассмотрим процесс заглубления торфяного пожара. Пусть в начальный момент времени на поверхности торфяного пласта находится очаг возгорания. С течением времени происходит процесс заглубления и распространения фронта пожара от центра в ширину. В данном случае можем рассмотреть область решения в виде цилиндра (рис. а). Поделим данный цилиндр на N секторов и организуем в каждом таком секторе свой вычислительный процесс.

Возможен еще один способ геометрической декомпозиции. Область решения разбивается на несколько крупных подобластей. Разделение ведется кругами, перпендикулярными направлению движения фронта торфяного пожара. Например, в рассматриваемой области решения могут быть естественным образом выделены участки, соответствующие различным пластам торфа (рис. б). Кроме того, сам фронт торфяного пожара имеет сложную структуру, в которой могут быть выделены, например, зоны сушки, пиролиза и горения [1].

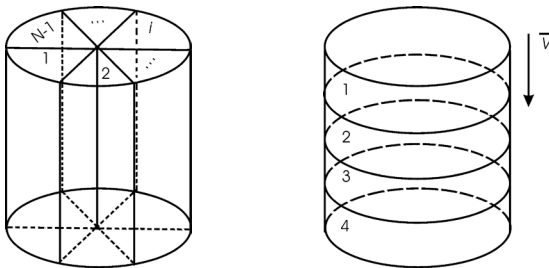


Рис. Декомпозиция области решения и схема межпроцессорных обменов при геометрическом (а) и конвейерном (б) распараллеливании модели торфяного пожара.

Отметим, что для параллельных систем с передачей сообщений оптимальное соотношение между вычислениями и коммуникациями обеспечивают методы так называемого крупнозернистого распараллеливания, когда параллельные алгоритмы строятся из крупных и редко взаимодействующих блоков [2].

Параллельная реализация

При разработке параллельных программ необходимо будет задействовать ряд функций из библиотеки MPI. Для рассылки вектора начальных данных следует воспользоваться векторным вариантом функции MPI_Scatterv(), а для рассылки информации, которая должна быть продублирована на всех узлах МВС (точнее во всех ветвях параллельной программы) предполагается использовать функцию MPI_Bcast(), которая обеспечивает широкоэмитательный режим рассылки данных по ветвям параллельной программы. Для сбора данных с ветвей параллельной программы применим векторный вариант функции MPI_Gatherv(). А для организации межпроцессорного обмена граничными блоками в процессе исполнения параллельной программы воспользуемся коммуникационными функциями библиотеки MPI_Send()-MPI_Recv().

Для организации межпроцессорных обменов формируются буферы (для значений параметров на гранях и потоковых членов) на каждом процессорном узле МВС. В ходе итерационного процесса соответствующие данные принимаются из соседних подобластей (секторов при геометрической декомпозиции). На каждом шаге происходит обновление буферных данных и пересылка их в соседние узлы.

Для оптимального отображения структуры задачи на топологию МВС следует воспользоваться механизмом виртуальных топологий, что обеспечивает система MPI. В нашем случае будет логичным организовать топологию “кольцо” (см. рис. а) или “линейка” (см. рис. б).

Оценки времени исполнения, ускорения и эффективности параллельных программ

В соответствии с [3] можем оценить общее время, которое необходимо затратить на реализацию комплексного математического вычислительного эксперимента по моделированию торфяного пожара

$$T_M^{BЭ} = n_i n_e n_p n_l n_0 T_M \quad (1)$$

Множители соответствуют следующим операциям: проведение n_i “внутренних” итераций для решения линейных подсистем в сеточных подобластях (полосах); проведение n_e “внешних” итераций между подоб-

ластями для решения полной алгебраической системы в сеточной области; проведение n_p итераций по различным физическим процессам; проведение n_l “нелинейных” итераций, когда свойства коэффициентов уравнений зависят от искомого решения; расчет n_t шагов по времени; реализация по вариантам расчетов, которые соответствуют различным сценариям задачи (многовариантный расчет по входным данным и параметрам задачи); множитель T_M - время реализации базового элемента вычислительного алгоритма на МВС, содержащей M процессоров.

Ускорение в свою очередь определяется по формуле

$$S_M^{BЭ} = T_0^{BЭ} / T_M^{BЭ} = M / (1 + M^{BЭ}) \quad (2)$$

где $T_0^{BЭ}$ – время последовательной реализации комплексного математического вычислительного эксперимента на однопроцессорной вычислительной технике, $M^{BЭ}$ – потери на коммуникации, M – число процессоров МВС.

Эффективность определится как

$$E_M^{BЭ} = T_0^{BЭ} / (M T_M^{BЭ}) \quad (3)$$

Следует заметить, что в конкретной ситуации произведение коэффициентов n ($=i, e, p, l, t, 0$) может меняться в пределах от десятков до тысяч и более [3].

Заключение

Таким образом, в процессе работы была решена важная научно-техническая задача - разработаны основные принципы параллельной реализации общей математической модели торфяных пожаров с учетом физико-химических процессов на суперкомпьютерах, а также представлены оценки времени исполнения, ускорения и эффективности параллельных программ.

Результатами данной работы можно считать:

1. Основные принципы и подходы распараллеливания общей математической модели природных пожаров (на примере торфяных).
2. Алгоритм распараллеливания и схемы декомпозиции задачи на параллельные процессы на основе геометрической декомпозиции области решения, а также конвейерный алгоритм распараллеливания, а также по физико-математическим процессам.
3. Формулы для оценки общего времени вычислительного эксперимента, ускорения и эффективности параллельных программ.

Литература

1. Гришин А.М. Общие математические модели лесных и торфяных пожаров и их приложения // Успехи механики. 2002. Т. 1. № 4. С. 40-89.
2. Бандман О.Л. Мелкозернистый параллелизм в вычислительной технике. // Программирование. 2001. № 4. С. 5-20.
3. Ильин В.П. О стратегиях распараллеливания в математическом моделировании // Программирование. 1999. № 1. С. 41-46.

Parallel computing technologies and mathematical modelling peat fires

N.V. Baranovsky

The problem of parallelization is considered on the example of a peat fire. Approaches of parallelization on physical and mathematical processes, geometrical parallelization, and conveyor algorithm of parallelization are considered. Area decomposition of the decision are considered. The approached theoretical estimations of time of performance, acceleration and efficiency of the parallel programs developed on suggested technology are submitted.

Влияние органо-минеральных удобрений на основе активированных торфов на свойства серой оподзоленной почвы и урожай сельскохозяйственных культур

Д.Л. Бобровская, Л.В. Касимова, А.В. Кравец

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

В вегетационном и полевом опытах исследовали влияние новых видов микробиологически (БУ) и биохимически (ТУ) активированных торфо-минеральных удобрений на свойства серой лесной оподзоленной почвы и урожайность сельскохозяйственных культур. Показано, что БУ и ТУ оказали положительное влияние на содержание элементов питания в почве. Наибольшая величина гумуса, аммиачного азота и подвижного фосфора отмечается в варианте с ТУ. Урожайность вегетативной массы пшеницы увеличилась при внесении БУ на 57 %, ТУ - на 61 %. Прибавка урожайности картофеля при внесении БУ составила 12 %, ТУ - 18 % к контролю.

Введение

В последнее время происходит уменьшение содержания гумуса, снижение плодородия почв и, как следствие, их деградация. Для сохранения плодородия почв и повышения урожайности культур необходимо применение органических удобрений. При современном экономическом развитии сельскохозяйственного производства, когда объёмы стандартных органических удобрений (навоза, помёта) падают, перспективным является разработка и применение органических удобрений на основе торфа, дозы которых колеблются от 5 до 10 т/га.

Целью данной работы является изучение влияния новых физиологически активных микробиологически и биохимически активированных торфо-минеральных удобрений на агрохимические свойства серой оподзоленной почвы, её биологическую активность, урожай вегетативной массы яровой пшеницы в вегетационном опыте и урожай картофеля в полевом опыте.

Методика исследований

Новые органические удобрения представлены микробиологически активированным (БУ) и биохимически активированным торфом (ТУ) с добавлением минеральных удобрений. Биохимическая активация осуществлена аммонизацией низинного торфа мочевиной, разлагающейся под действием специально разработанного биокатализатора. Микробиологическое активирование торфо-минерального удобрения (БУ) осуществлялось введением в него микробного сообщества (инокулята), которое усиливает интенсивность протекания процессов минерализации и трансформации органического вещества торфа. 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 %. Минеральные удобрения представлены аммиачной селитрой, двойным суперфосфатом, сульфатом калия.

Почва стационара СибНИИСХиТ СО РАСХН «Поросино» представлена серой лесной оподзоленной и имеет следующие характеристики: содержание гумуса 3.5 %; реакция среды почвенного раствора - среднекислая (рН солевой 4.8); ёмкость поглощения - 26 мг-экв на 100 г почвы; содержание поглощенного кальция – 12.4 мг-экв на 100 г почвы, поглощённого магния – 1.9 мг-экв на 100 г почвы; степень насыщенности почвы основаниями высокая – 76 %; гидролитическая кислотность - 5 мг-экв на 100г почвы; содержание подвижных форм фосфора – 22.43 мг P₂O₅ на 100г почвы, обменного калия – 7.65 мг K₂O на 100 г почвы [1]. Схема 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, по приросту урожая картофеля в полевом опыте. Закладка полевого опыта осуществлялась по методике Б.Д. Доспехова [2] с использованием картофеля сорта «Невский». Площадь делянок – 4 м². Размещение делянок - четырехъярусное, рендомизированное, повторность вариантов - четырехкратная. Внесение удобрений осуществлялось вразброс.

Закладка вегетационного опыта проведена по методике А.В. Петербургского в шестикратной повторности, площадь сосудов – 0.0177 м², объём - 3 литра, способ внесения активированных торфо-минеральных удобрений – равномерная заделка на всю массу почвы, масса почвы 3.0 кг, влажность почвы поддерживалась на уровне 23 %. Длительность опыта 2 месяца [3]. В вегетационном опыте выращивали пшеницу сорта Новосибирская-15, количество растений в сосуде 10 штук. Урожай биомассы пшеницы определялся весовым методом. Биологическая активность почвы оценивалась по методике Штатнова [4].

Результаты исследований

Содержание аммиачного азота изменилось не существенно по отношению к контролю, следовательно, удобрения не оказали значительного действия на уровень обеспеченности почв восстановленной формой азота. Содержание нитратного азота по вариантам опыта сильно варьирует. Наибольшая величина нитратного азота отмечается в 5 варианте (БУ). Это может свидетельствовать о наилучших условиях протекания процесса нитрификации. По вариантам опыта отмечается увеличение фосфора по отношению к контролю. Это может свидетельствовать о том, что ТУ и БУ способствуют повышению деятельности фосфат-растворяющих микроорганизмов [1]. Наибольшее содержание подвижного фосфора наблюдается в варианте с ТУ – 31.8 мг/ 100 г почвы.

Биологическая активность почвы при внесении БУ и ТУ повысилась, что вероятно связано с созданием оптимальных условий для жизнедеятельности микроорганизмов, благодаря деятельности которых повысилась интенсивность процессов минерализации органического вещества почвы [1]. При этом внесение биохимически активированного торфа оказало положительное влияние на биологическую активность почвы, как в первый, так и во второй месяц вегетации. После двух месяцев опыта наблюдается

снижение интенсивности дыхания, но значение этого показателя остается выше контроля. Максимальная интенсивность дыхания наблюдалась в первый месяц опыта и в варианте с ТУ составляла 35 %, в варианте с БУ – 9 % к контролю.

Эффективность применения новых видов удобрений на основе микробиологически и биохимически активированных торфов оценена по урожаю вегетативной массы пшеницы через 2 месяца вегетационного опыта (табл.). При внесении ТУ в дозе 3 т/га максимальное повышение урожая вегетативной массы достигало 61% к контролю. БУ в дозе 5 т/га повысило урожай пшеницы до 57 %.

Внесение разработанных составов ТУ и БУ оказало положительное влияние на урожайность картофеля (см. табл.). Прибавка урожая картофеля от внесения 5 т/га БУ достигала 12 %, от 3 т/га ТУ – 18 % к контролю. Полученные результаты достоверно отличались от контроля. Следует подчеркнуть, что минеральные удобрения, внесенные в дозах, эквивалентных количеству их в составах БУ и ТУ, не обеспечили достоверного повышения урожая картофеля.

Влияние микробиологически (БУ) и биохимически (ТУ) активированных торфо-минеральных удобрений на урожай и качество картофеля на серой оподзоленной почве

Вариант опыта*	Биологический урожай картофеля		Урожайность товарных клубней				Нитраты	Вегетативная масса пшеницы	
	ц/га	%	ц/га	%	%	%		г/сосуд	%
1.Контроль	500.3	100	430.7	100	-	-	50.76	0.22269	100
2.Фон 1	563.6	113	470.2	109	-	100	10.26	0.27060	121
3.ТУ-3т/га	593.5	119	506.1	118	-	108	21.31	0.35901	161*
4.Фон 2	551.3	110	434.9	101	100	-	30.77	0.31491	141
5.БУ-5т/га	578.2	116	484.3	112	111	-	37.35	0.34981	157*
НСР _{0,5}	18.9	4	13.7	3	5	4	11.20	0.11134	50

Сделано предположение, что в ТУ и БУ высокая биологическая активность обусловлена присутствием в них активированного торфа. Кроме того, применение активированных торфо-минеральных удобрений достоверно снизило содержание нитратов в клубнях картофеля от 50.8 до 21.3 (в варианте с ТУ) и до 37.3 мг/кг (в варианте с БУ).

Заключение

Новые виды микробиологически и биохимически активированных торфо-минеральных удобрений оказали влияние на содержание отдельных элементов питания растений. Так, наибольшее содержание аммиачного азота и подвижного фосфора обеспечило внесение биохимически активированного торфо-минерального удобрения. Микробиологически активированное торфо-минеральное удобрение увеличило количество нитратного азота и подвижного калия.

Внесение удобрений повысило урожай сельскохозяйственных культур. Прирост вегетативной массы пшеницы составил 57–61 %, прирост урожая картофеля - 12-18 % к контролю. Максимальную величину урожая обеспечило внесение биохимически активированного торфо-минерального удобрения.

Литература

1. Касимова Л.В., Фролова Е., Титова Э.В. Влияние физиологически активных органических удобрений на основе торфа на процессы минерализации органического вещества и биологическую активность серой оподзоленной почвы // Современные проблемы и достижения аграрной науки в животноводстве, растениеводстве и экономике: Сб. тр. рег. науч.-пр. конф. Томск, 2003. С. 23-28.
2. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М., 1985. С. 191–347.
3. Ключковский В.М., Петербургский А.В. Влияние кислотности на рост и развитие растений и микробиологические процессы почвы // Агрохимия. М., 1967. С.137-143.
4. Физико-химические методы исследования почв. Адсорбционные и изотопные методы. М., 1966. 198 с.

Influence of organo-mineral fertilizers on the basis of the activated peats on properties of gray forest podzolics soil and the productivity of agricultural crops

D.L. Bobrovskaja, L.V. Kasimova, A.V. Kravets

In vegetative and field experiences investigated influence of new kinds of organo-mineral fertilizers on properties of gray forest podzolics soil and productivity of agricultural crops. It is shown, that BU and TU rendered positive influence on the contents of elements of a feed in soil. The greatest size humus, ammoniac nitrogen and mobile phosphorus in variant about TU is marked. Productivity of vegetative weight from BU on 57 %, from TU on 61 % to the control has increased, the increase of productivity of a potato at entering BU has made 12 %, TU – 18 %.

Влияние погодных условий на эмиссию углекислого газа с поверхности олиготрофного болота

Е.А. Головацкая, Е.А. Дюкарев

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

Представлены результаты исследования суточной эмиссии углекислого газа и содержания CO_2 в атмосфере. Выявлен суточный ход эмиссии CO_2 с поверхности торфяной залежи. Выявлена связь эмиссии CO_2 с метеопараметрами: температура воздуха, атмосферное давление, влажность воздуха, а также с температурой деятельного слоя торфяной залежи.

Болота играют важную экологическую роль в биосфере. Они являются источниками и стоками парниковых газов, хранителями биологического разнообразия. В болотах сосредоточены большие запасы пресной воды, поэтому важна также гидрологическая роль болотных экосистем. По процессу торфообразования Западная Сибирь названа феноменом. В Западной Сибири площадь торфяных болот достигает 42 % от территории болот России (30 млн. га), именно на этой территории в болотах сосредоточено 36 % от депонированного углерода России [1-3]. Для выявления закономерностей функционирования болотных экосистем и оценки влияния их на биосферу необходимо комплексное изучение различных характеристик: составляющих углеродного баланса, скорости накопления углерода, гидротермического и гидрохимического режимов болот.

Методика исследований

На ландшафтном профиле водосборной площади р. Ключ (стационара «Васюганье») выбран и оборудован пункт наблюдений, расположенный в 180 м от окраины болота. Пункт наблюдений представляет собой типичный низкий рям (сосново-кустарничкового-сфагновый фитоценоз с угнетенным древостоем). Торфяная залежь достигает мощности 2 м и до глубины 1 м представлена фускум торфом.

Измерения на стационарном пункте наблюдений проводились в следующие периоды: 20.06.-27.06, 22.07–29.07, 17.08–24.08, 22.09.–29.09. В период с 18 июня по 28 сентября 2005 г. на стационарной точке проводились инструментальные измерения метеорологических характеристик: температуры и влажности воздуха, атмосферного давления. Также проводились измерения эмиссии CO_2 с поверхности торфяной залежи в кругло-

суточном режиме по стандартным метеорологическим срокам. Измерение эмиссии углекислого газа проводили камерным методом, с помощью газоанализатора ОПТОГАЗ 500.4.

Результаты исследований

Погодные условия вегетационного периода 2005 года характеризуются как средние по влагообеспеченности, гидротермический коэффициент Селянинова (ГТК) равен 1.16.

Особенностью вегетационного периода были очень сухой май (ГТК 0.08) и переувлажненный сентябрь (ГТК 3.24). По сумме активных температур (выше 10°C) погодные условия близки к среднемноголетним полученным для этого региона за последние 6 лет, 1939.4 и 1922.2°C , соответственно, тогда как количество осадков (255.3 мм) превышает среднемноголетние (180 мм) в 1.5 раза.

Исследование динамики выделения CO_2 позволило выявить суточный ход эмиссии CO_2 (рис. 1). В среднем для всего периода исследования максимум выделения приходится на 19 часов ($79.5 \text{ мгCO}_2/\text{м}^2\text{час}$), а минимум на 7 часов утра ($45.1 \text{ мгCO}_2/\text{м}^2\text{час}$), средняя амплитуда среднесуточных колебаний эмиссии CO_2 составляет $34 \text{ мгCO}_2/\text{м}^2\text{час}$.

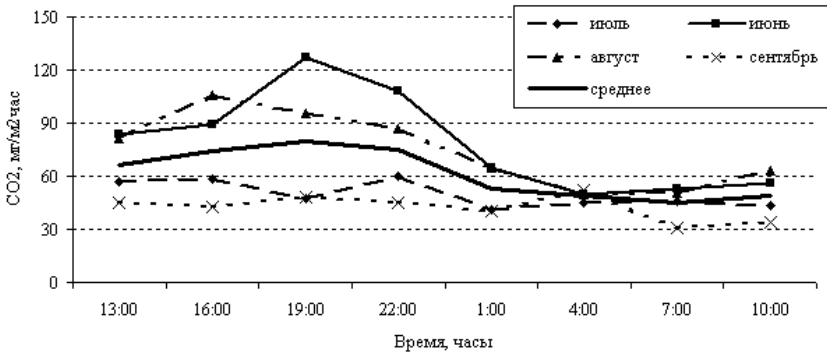


Рис. 1. Среднесуточный ход эмиссии CO_2 .

В отдельные месяцы наблюдается существенное различие суточного хода эмиссии CO_2 , что по-видимому определяется погодными условиями, так, минимальная эмиссия характерна для сентября, так как в этом месяце низкие температуры и большее количество осадков по сравнению с летними месяцами (см. рис. 1). Однако следует отметить, что также низкими значениями характеризуется эмиссия CO_2 в июле, что возможно связано с высокими для этого месяца уровнями болотных

вод (18 см), вызванных ливневыми дождями. Наиболее четко суточная динамика выражена в июне, который характеризуется максимальными значениями эмиссии CO_2 в период среднесуточного максимума (205.9 $\text{mgCO}_2/\text{м}^2\text{час}$).

Анализ полученных данных показал зависимость суточного хода эмиссии углекислого газа от температуры воздуха (коэффициент корреляции 0.62) и относительной влажности воздуха ($r=-0.46$), причем, с повышением температуры эмиссия увеличивается, тогда как при повышении влажности – уменьшается. Обратная зависимость эмиссии CO_2 и влажности воздуха, по-видимому, связана с высокой растворимостью углекислого газа в воде. Корреляция с давлением отрицательная ($r=-0.46$), то есть понижение давления способствует усилению эмиссии CO_2 (табл. 1).

Таблица 1

Корреляция эмиссии CO_2 с метеохарактеристиками

Месяцы	Атмосферное давление	Температура воздуха		Влажность воздуха	
		на высоте 10 м	на высоте 2 м	относительная	абсолютная
Июнь	-0.14	0.66	0.67	-0.77	-0.02
Июль	0.36	0.11	0.12	0.19	0.39
Август	0.07	0.65	0.64	-0.38	0.58
Сентябрь	0.01	не опр.	-	-0.18	0.04
Общая	-0.46	0.48	0.46	-0.46	0.46

Содержание углекислого газа в воздухе также имеет суточный ход (рис. 2), однако, в отличие от эмиссии CO_2 , содержание CO_2 в воздухе имеет максимальное значение в 4 утра, а минимальное в 16 часов, то есть наблюдается обратная зависимость эмиссии CO_2 от содержания его в воздухе ($r=-0.74$). Амплитуда колебаний среднесуточных концентрации CO_2 в воздухе составляет 377 $\text{mg}/\text{м}^2$.

Суточный ход концентрации CO_2 в воздухе в разные месяцы имеет сходную динамику, исключение составляет сентябрь, который имеет более сглаженную динамику при высоких значениях, что объясняется низкими температурами воздуха (см. рис. 2).

Содержание CO_2 в воздухе определяется главным образом дыханием растений и эмиссией с поверхности торфяной залежи. Дыхание растений наиболее интенсивно происходит в темное время суток, что приводит к увеличению концентрации CO_2 в воздухе в ночное время, тогда как в дневные часы в процессе фотосинтеза происходит поглощение углекислого газа растениями и накопление углерода в виде фитомассы.

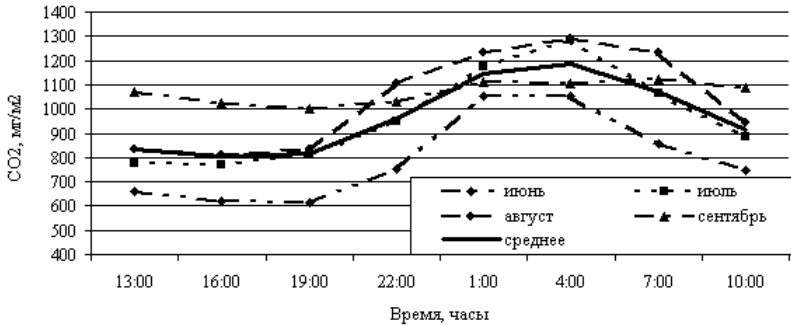


Рис. 2. Среднесуточный ход концентрации CO_2 в воздухе.

Проведенный корреляционный анализ показал, что содержание CO_2 в воздухе зависит от температуры ($r=-0.81$), давления и влажности воздуха ($r=0.47$) (табл. 2). При этом в отдельные месяцы зависимость концентрации CO_2 в воздухе от погодных условий меняется, следовательно невозможно выявить один или два фактора оказывающих однозначное влияние на содержание углекислого газа в воздухе.

Таблица 2

Корреляция содержания CO_2 в воздухе с метеохарактеристиками

Месяцы	Атмосферное давление	Температура воздуха		Влажность воздуха	
		на высоте 10 м	на высоте 2 м	относительная	абсолютная
Июнь	0.05	-0.65	-0.77	0.90	-0.17
Июль	0.19	-0.76	-0.84	0.67	-0.45
Август	0.34	-0.57	-0.70	0.82	-0.47
Сентябрь	0.18	не опр.	не опр.	0.15	-0.43
Общая	0.49	-0.60	-0.54	0.47	-0.43

На эмиссию CO_2 оказывает влияние температура деятельного слоя торфяной залежи. Так коэффициент корреляции изменяется от 0.75 на поверхности до 0.21 на глубине 15 см.

Заключение

Таким образом, в результате проведенного исследования выявлено, что эмиссия CO_2 имеет четко выраженный суточный ход, с максимумом в 19 часов (79.5 мг/м²час) и минимумом в 7 часов (45.1 мг/м²час).

Содержание CO_2 в воздухе также имеет суточный ход с максимумом в 4 часа и минимумом в 16 часов, то есть выявлена отрицательная зависимость между эмиссией CO_2 с поверхности торфяной залежи и концентрацией CO_2 в воздухе ($r=-0,74$).

Выявлена связь эмиссии CO_2 с метеопараметрами: температурой воздуха, атмосферным давлением, влажностью воздуха, а также с температурой деятельного слоя торфяной залежи. Наибольшее влияние на поток CO_2 с поверхности торфяной залежи оказывает температура поверхности торфяной залежи и верхнего 10-сантиметрового слоя торфяной залежи (коэффициент корреляции 0.75 и 0.64 соответственно).

Литература

1. Вомперский С.Э. Роль болот в круговороте углерода // Биогеоэкологические особенности болот и их рациональное использование. М., 1994. С.5-37.

2. Ефремов С.П., Ефремова Т.Т., Мелентьева Н.В. Запасы углерода в экосистемах болот // Углерод в экосистемах лесов и болот России / Под ред. В.А. Алексеева и Р.А. Бердси. Красноярск, 1994. С. 128-139.

3. Титлянова А.А., Булавко Г.И., Кудряшова С.Я. и др. Запасы и потери органического углерода в почвах Сибири // Почвоведение. 1998. № 1. С.51-59.

Influence of weather conditions on the carbon dioxide emission from the oligotrophic bog surface

Е.А. Golovatskaya, Е.А. Dyukarev

The results of investigation of diurnal course of carbon dioxide emission and atmospheric concentration are given. Connections between CO_2 emission rate and weather characteristics, such as air temperature, atmospheric pressure, air humidity and temperature of active layer of peat deposit, are established.

Численность, запасы и структура микробных комплексов низинных торфяников Тульской области

А.В. Головченко¹, Е.М. Волкова²

¹Факультет почвоведения МГУ им. М.В. Ломоносова,
г. Москва, soilbac@soil.msu.ru

²Тульский государственный педагогический университет
им. Л.Н. Толстого, г. Тула, convallaria@mail.ru

В низинных торфяниках Тульской области (на основании годичного мониторинга микробного обилия) дана оценка микробного пула, выявлены специфика структуры микробной биомассы и факторы, определяющие динамику показателей обилия. Микробный пул в исследуемых торфяниках характеризуется низкими величинами (3-4 т/га), так как в большей части профиля в структуре микробной биомассы доминирует прокариотная составляющая. Динамику показателей обилия в исследуемых торфяных залежах достоверно определяет только глубина залегания торфа, тогда как сезонные колебания незначительны.

В последнее время актуальным становится изучение болотных экосистем слабозаболоченных регионов, поскольку отсутствие сведений о запасах и свойствах торфяных залежей не позволяет достоверно оценить количество депонированного в залежах углерода и охарактеризовать значение этих территорий. Из всех регионов Центральной России наиболее низкий уровень изученности отмечен для торфяников Тульской области.

Оценку показателей обилия и структуры микробных комплексов проводили в низинных торфяниках естественной болотной экосистемы запада Европейской части России (Тульская область, Ленинский район, территория музея-заповедника “Ясная Поляна”). Исследуемые болота располагаются на водоразделе и являются карстовыми по происхождению. Определение микробиологических параметров в исследуемых торфяниках осуществляли с учётом сезонной (образцы отбирали весной, летом и осенью 2002 года) и вертикальной вариабельности (исследовали слои торфяников: 0-10, 10-20, 20-30, 30-40, 40-50, 50-100, 100-150, 150-200, 200-250, 250-300, 300-330 см).

Методика исследований

Общую численность и биомассу микроорганизмов определяли прямым методом с использованием люминесцентной микроскопии [1]. Предварительно десорбировали клетки на ультразвуковом диспергаторе

УЗДН-1. При количественном учете клеток почвенных бактерий и мицелия актиномицетов препараты окрашивали водным раствором акридина оранжевого, а для окраски мицелия и спор грибов применяли калькофлуор белый. Расчёты прокариотной биомассы проводили, учитывая, что биомасса сухого вещества для одной бактериальной клетки объёмом 0.1 мкм^3 составляет $2 \times 10^{-14} \text{ г}$, 1 м актиномицетного мицелия диаметром 0.5 мкм $3.9 \times 10^{-8} \text{ г}$ [2]. Эукариотную микробную биомассу вычисляли с учётом замеренного нами диаметра спор и мицелия грибов по формуле (для мицелия – $0.628(r_1)^2 \times 10^{-6} \text{ г}$, для спор – $0.836(r_2)^3 \times 10^{-12} \text{ г}$; где r_1 – радиус мицелия; r_2 – радиус грибной споры).

Результаты исследований

Как показали результаты годичного мониторинга, исследуемые торфяники характеризовались низкими показателями обилия: грибной и актиномицетный мицелий измерялся сотнями метров; численность грибных спор составляла десятки млн. спор/г, бактерий – десятки млрд. клеток/г торфа. Порядок величин, характеризующих плотность микроорганизмов в исследуемых торфяниках, был на порядок ниже аналогичных показателей для низинных торфяников Тверской области [3].

Динамику показателей обилия в исследуемых торфяных залежах достоверно определяла глубина залегания торфа (критерий Фишера (F) при уровне значимости (p) <0.001 для бактерий - 53.25, грибного мицелия - 15.78, спор грибов - 8.36, актиномицетного мицелия - 2.86). Вариабельность показателей обилия была выявлена по всему профилю торфяников, однако амплитуда колебаний была выше и максимальные значения встречались чаще в верхней 50 см толще. С глубиной численность одних микроорганизмов резко убывала (грибной мицелий не обнаруживали глубже 1 м), обилие других было сравнимо с таковым в верхних горизонтах или плавно уменьшалось вниз по профилю (бактерии, актиномицетный мицелий, споры грибов).

Сезонная динамика показателей обилия была выражена слабо. Влияние сезона становилось значимым только при совместном рассмотрении его наряду с другими факторами.

Запасы микробной биомассы, рассчитанные на грамм торфа, варьировали в слое 0-50 см – от 11 до 16 мг/г, в толще 50-100 см – от 0.4 до 0.6 мг/г, на глубине 100-300 см – от 0.4 до 0.9 мг/г и не превышали 0.3 мг/г в самом нижнем слое. Таким образом, в исследуемых торфяниках существенный вклад в микробную биомассу вносили верхние слои. В нижних слоях микробная биомасса была относительно равномерно распределена по толще (табл. 1).

*Концентрация микроорганизмов в различных слоях
исследуемых торфяников, мг/г*

Сезон	Глубина, см						
	0-50	50-100	100-150	150-200	200-250	250-300	300-320
Весна	14.7	0.4	0.4	0.4	0.5	0.7	0.2
Лето	10.9	0.6	0.9	0.6	0.4	0.5	0.3
Осень	16.4	0.5	0.7	0.5	0.6	0.6	0.3

Микробная биомасса в исследуемых торфяниках в расчете на весь профиль (с учётом мощности слоёв и объёмного веса торфа) была невысокой и варьировала по сезонам от 3.7 до 4.3 т/га. Сравнительный анализ запасов микробной биомассы торфяников различных регионов, выявил минимальный микробный пул в торфяниках Тульской области.

Верхние (до 50 см) и нижние слои (от 50 см до 3 м) исследуемой торфяной залежи различались по соотношению основных компонентов микробной биомассы. Если в верхних слоях преобладал мицелий грибов, то в нижних – бактерии, доля которых в микробном комплексе составляла 51-93 %, на долю спор грибов и дрожжевых клеток приходилось соответственно (7-49 %). Следует отметить и сезонную динамику грибной составляющей микробной биомассы. Область распространения её максимальных значений нарастала от весны к осени. Весной она занимала только поверхностные слои (0-20 см), летом (в период иссушения) опускалась на глубину 20-50 см, осенью (в период поступления свежих органических остатков) распространялась в толще 10-100 см (табл. 2).

Таким образом, общая закономерность в превышении эукариотной биомассы над прокариотной, выявленная при анализе структуры микробной биомассы большинства типов почв, была подтверждена только для верхних слоев исследуемых торфяников. Специфическая структура микробной биомассы, заключающаяся в высокой, по сравнению с другими торфяными почвами, долей прокариотных микроорганизмов, спор грибов и клеток дрожжей была выявлена нами и при исследовании олиготрофных торфяников Тверской и Томской областей, однако в этих торфяниках прокариотная сооставляющая никогда не была доминирующей [3, 4].

Использование прямых микроскопических методов в данной работе позволило оценить микробный пул в исследуемых торфяниках, определить соотношение основных компонентов микробной биомассы и пополнить базу данных показателей микробного обилия торфяников различных регионов России.

Таблица 2

*Процентное соотношение компонентов микробной биомассы
в исследуемых торфяниках*

Глубина, см	Весна		Лето		Осень	
	МГ+СГ	Б+АМ	МГ+СГ	Б+АМ	МГ+СГ	Б+АМ
0-10	92	8	4	96	23	77
10-20	70	30	9	91	87	13
20-30	22	78	56	44	94	6
30-40	30	70	70	30	71	29
40-50	40	60	94	6	84	16
50-100	26	74	13	87	54	46
100-150	18	82	40	60	34	66
150-200	24	76	29	71	38	62
200-250	41	59	9	91	33	67
250-300	43	57	13	87	46	54
300-310	22	78	11	89	49	51
310-320	7	93	22	78	28	72

Примечание: МГ+СГ – суммарная доля мицелия и спор грибов; Б+АМ – суммарная доля бактерий и актиномицетного мицелия.

Литература

1. Методы почвенной микробиологии и биохимии / Под ред. Звягинцева Д.Г. М., 1991. 303 с.
2. Полянская Л.М. Микробная сукцессия в почве. Автореф. дис. ... докт. биол. наук. М., 1996. 96 с.
3. Головченко А.В., Полянская Л.М., Добровольская Т.Г. и др. Особенности пространственного распределения и структуры микробных комплексов болотно-лесных экосистем // Почвоведение. 1993. № 10. С. 78-89.
4. Головченко А.В., Добровольская Н.Г., Инишева Л.И. Структура и запасы микробной биомассы в олиготрофных торфяниках южно-таёжной подзоны Западной Сибири // Почвоведение. 2002. № 12. С. 1468-1473.

Population density, biomass and structure of microbial complexes in the low peat bogs of Tulsкая region

A.V. Golovchenko, E.M. Volkova

In Tulsкая region lowland peats representative evaluation of microbial pul was done based on annual microbial abundance indexes' monitoring; specificity of microbial biomass structure and factors that determine abundance indexes dynamics were revealed. The microbial pul in the peats researched is low (3-4t/h) that colligates with microbial biomass structure in profile where prokaryotes dominate. Dynamics of abundance indexes in the peats researched is reliably determined only by the peat occurrence; seasonal fluctuations are insignificant.

Некоторые особенности мезотрофных болот на юге Республики Коми

Н.Н. Гончарова

Институт биологии Коми НЦ УРО РАН, г. Сыктывкар,
gnn1516@rambler.ru

Исследованные мезотрофные болота расположены на юго-западе республики Коми в бассейне реки Луза, в подзоне средней тайги. Своеобразие исследованных болот заключается в тесной связи с динамикой русла реки. Впервые для этой территории описаны болотные массивы аапа – типа, обнаружен ряд редких видов растений.

История изучения болот в Республике тесно связана с историей исследования растительности. Интерес к нашему краю возник в начале XX века. Исследованиями были охвачены восемь болот, расположенных в бассейне р. Луза (рис.). До настоящего времени флористические и геоботанические исследования болот здесь не проводились, хотя разведка торфяных месторождений велась на большинстве из них. В опубликованных материалах отсутствуют данные по растительности болот, но приводятся количественная и качественная оценки торфа [1, 2].

Исследуемая территория расположена в подзоне средней тайги, вблизи ее южной границы [3, 4]. Коренными здесь являются еловые зеленомошные черничные леса, встречаются долгомошные и сфагновые. Но преобладают вторичные березовые и осиново-березовые. Около 15 % приходится на долю сосняков зеленомошных, долгомошных и лишайниковых. Особенно примечательны лишайниковые сосновые боры на

песках и обогащенные неморальными элементами ельники с примесью пихты, березы и сосны, участки которых встречаются на коренном берегу р. Луза.

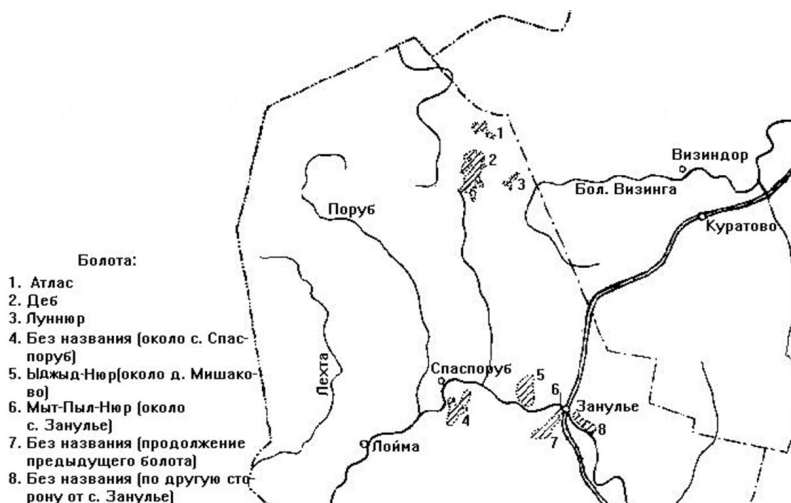


Рис. Карта-схема исследованных болот.

Исследования проводились методом маршрутного профилирования, а вне профиля закладывались временные пробные площади (ВПП) на участках с наиболее типичными растительными сообществами и их комплексами, которые предварительно намечались по аэрофотоснимкам. На профилях и ВПП проводились геоботанические описания растительных сообществ по общепринятой методике [5, 6]. В комплексах описывались отдельно слагающие их фитоценозы по элементам микрорельефа [7]. В период камеральной обработки сосудистые растения были определены по флоре Северо-Востока европейской части СССР [8]. Номенклатура приведена по сводке [9]. Определение мхов проводилось по определителю сфагновых мхов СССР [10, 11]. Названия видов выверены по [12].

Болота по типу питания, растительному покрову и торфяной залежи в основном относятся к мезотрофным (переходным), но они разнообразны по стадии развития и довольно четко связаны с геоморфологическим положением и высотными уровнями рельефа. Наибольшее число болот сосредоточено в долине самой р. Луза. Своеобразие болот Прилузья заключается в том, что в структуре растительного покрова хорошо прослеживается связь с развитием и динамикой русла реки. Болота Ыджыд-Нюр, Мыт-Пыл-Нюр, N 8 и N 4 (см. рис.) представляют собой разные стадии

зарастания бывших участков реки (сохранилась форма меандра, бывшие прирусловые валы и т.п.).

Начальная стадия заболачивания представлена болотом N 8. На аэрофотоснимке и в природе оно едва отграничено от окружающего леса. Болото расположено на речной террасе и наблюдается уклон в сторону реки. Граница уклона хорошо выражена и совпадает с границей сосновых боров, которые сменяются заболоченными сосняками и далее переходят непосредственно в болото. Микрорельеф болота волнистый, небольшие кочки приурочены к стволам деревьев. Болото довольно однородное по растительному покрову с непрерывным разреженным древесным ярусом из *Pinus sylvestris* L. (средняя высота 6-7 м), по крайкам отмечены *Betula pubescens* Ehrh. и единично *Picea obovata* Ledeb. Травяно-кустарничковый ярус образован *Chamaedaphne calyculata* (L.) Moench., *Ledum palustre* L., *Vaccinium uliginosum* L., *Rubus chamaemorus* L., которые более обильны на пристволовых повышениях. Остальные виды (*Oxycoccus microcarpus* Turcz. ex Rupr., *O. palustris* Pers., *Eriophorum vaginatum* L., *Carex rostrata* Stokes, *C. pauciflora* Lightf., *C. limosa* L., *C. lasiocarpa* Ehrh. и др.) равномерно распределены по сплошному сфагновому ковру (*Sphagnum magellanicum* Brid., *S. angustifolium* (Russ.) C. Jens., *S. fallax* Klinggr., *S. russowii* Warnst. и др.).

Следующую стадию заболачивания представляют болота, на которых сохранились береговые валы. Особенно примечательно в этом отношении болото Мыт-Пыл-Нюр. На аэрофотоснимке этого болота выражено несколько береговых валов, в той или иной степени уже поглощенные болотом, но на отдельных их участках сохраняются боровые сообщества (сосняк-багульниково-зеленомошный, сосняк-бруснично-зеленомошный и др.), близкие к коренным. В пределах данного болота можно проследить связь между изменением русла реки и развитием болота. По мере удаления от реки изменяется характер микрорельефа и растительности (мелкокочковато-топяной – кочковато-топяной – кочковато-мочажинный – зачинающийся грядово-мочажинный – некомплексная окрайка). В связи с этим условно болото можно разделить на 3 части, границами которых являются валы. Эти части связаны движением воды, которое особенно заметно в местах, где ручей прорезает вал. Первая часть простирается от берега болота до первого сосново-багульниково-зеленомошного берегового вала. Для данной части характерен мелкокочковато-топяной комплекс, где кочки составляют 20-25 % и образованы вокруг угнетенной сосны и сухостойных деревьев. На них господствуют кустарнички (*Chamaedaphne calyculata*, *Andromeda polifolia* L., *Oxycoccus palustris*) и сфагновые мхи (*Sphagnum magellanicum*, *S. capillifolium* (Ehrh.) Hedw.). На сфагновых коврах (*S. fallax*) распространены пушицево-шейхцериево-вахтовые (уровень болотно-грунтовых вод (УБГВ) 0-2 см) и осоково-вахтовые сообщества (УБГВ

- 4-6 см). По берегу лесной гривы тянется топкая полоса из *Carex lasiocarpa*, *Comarum palustre* L. и *Equisetum fluviatile* L. Следующую лесную гриву уже почти поглотило болото и она выделяется только по очень угнетенной со- сне и довольно густому сухостою. Поэтому вторая часть болота занимает участок от первого до третьего сосново-чернично-зеленомошного, сосно- во-бруснично-лишайникового берегового вала. Микрорельеф этой части становится кочковато-мочажинным, местами кочки настолько близко рас- положены друг от друга, что напоминают гряды (повышения занимают 20 %). Кроме *Andromeda polifolia*, *Chamaedaphne calyculata*, *Ledum palustre*, *Oxycoccus palustris*, здесь на кочках появляется *Betula nana* L. (становит- ся одним из содоминантов), также на кочках появляются и травы (*Carex paupercula* Michx., *C. rostrata*, *Eriophorum vaginatum*, *Drosera rotundifolia* L. и др.). Встречаются и кочки, где доминирует *Eriophorum vaginatum*. Мхи представлены *Sphagnum magellanicum*, *S. angustifolium*, как примесь - *Pleurozium schreberi* (Brid.) Mitt., *Aulacomnium palustre* (Hedw.) Schwaegr. Растительный покров мочажин-ковров (УБГВ 12-14 см) на всей этой части довольно однородный и представлен сообществами с преобладанием *Carex limosa* и *Menyanthes trifoliata* L. (осоково-сфагновые, вахтово-сфаг- новые и осоково-вахтово-сфагновые сообщества). Оставшаяся часть за- нимает пространство между третьим валом и противоположным от реки берегом. Для данной части характерен кочковато-топяной, местами начи- нающийся грядово-мочажинный комплексы. Древесный ярус представлен разреженной сосной (высота до 5 м), много сухостойных деревьев. Доля кочек составляет 30-35 %. На повышениях развиты кустарничково-сфаг- новые и пушицево-сфагновые сообщества. Кроме кочек на топиях-коврах отмечены незначительные повышения – подушки (их около 20 %). На по- душках обильны *Oxycoccus palustris*, и *Sphagnum magellanicum*. Сами топи (*Sphagnum fallax*, *S. jensenii* H. Lindb.) довольно обводнены (УБГВ - 7-10 см) и образованы, в основном, *Scheuchzeria palustris* L. и *Carex limosa*. Бли- же к периферии кочковато-топяной комплекс переходит в мелкокочковатый и волнистый. На окраине распространены - сообщества с *Carex rostrata*, *C. lasiocarpa*, *Menyanthes trifoliata* и *Sphagnum angustifolium*, за ними сле- дует заболоченный кустарничково-травяно-сфагновый сосняк.

Болото Ыджыд-Нюр мы рассматриваем как следующую стадию про- цесса заболачивания. Оно почти полностью отделилось от реки. По форме впадины это сточная котловина и направление стока подчеркивается уве- личением густоты древостоя, а также топью вблизи реки. Это сфагновое мезотрофное болото. Береговая часть облесенна сосной (средняя высота 4-6 м) и березой, мелкокочковатая, занята клюквенно-шейхперево-сфаг- новыми сообществами, которые чередуются с более ровными участка- ми, где доминирует *Carex lasiocarpa*. Центр болота почти безлесен и в

нем прослеживается формирование грядово-мочажинного комплекса. Из растений наиболее обычны на повышениях и на коврах - *Chamaedaphne calyculata*, *Andromeda polifolia*, *Oxycoccus palustris*, *Eriophorum vaginatum*, *Carex rostrata*, *C. lasiocarpa*, *C. pauciflora*, *Drosera rotundifolia*, в мочажинах и топях - *Menyanthes trifoliata*, *Carex limosa*, *C. chordorrhiza* Ehrh., *Scheuchzeria palustris*, *Drosera anglica* Huds., *Oxycoccus microcarpus*, *O. palustris*. Незначительно распространены мочажины-римпи с водой на поверхности и почти без мохового покрова, только по краю отмечены виды рода *Drepanocladus* (C. Muell.) G. Roth. В них произрастают *Scheuchzeria palustris*, *Menyanthes trifoliata*, *Carex limosa*, *C. chordorrhiza*, *Drosera anglica* и *Utricularia vulgaris* L. Вдоль римпи бордюром образует *Rhynchospora alba* (L.) Vahl., включенная в Красную книгу республики Коми [13]. Также в центре появляются кочки со *Sphagnum fuscum*, в отличие от предыдущих болот, где на кочках господствовал *S. magellanicum*.

Однако, особенно интересны два болота, расположенные в бассейне р. Лузы, но не в долине реки, а на водоразделе. Это Луннюр и Деб. Оба болота принадлежат к аапа-типу. Болота аапа-типа на юге Республики Коми описаны нами впервые. До сих пор считалось, что они распространены только в районе северной тайги и южнее 64⁰с.ш. в республике они не встречаются [14, 15]. На аэрофотоснимке грядово-мочажинный аапа-комплекс очень хорошо выражен, но в натуре он различается с трудом. Мочажины-римпи и небольшие озерки с открытой водой как бы вкраплены в основной топяной фон ковра (*Sphagnum fallax*, *S. jensenii*, *S. majus* (Russ.) C. Jens.) с преобладанием *Scheuchzeria palustris*, *Menyanthes trifoliata* и *Carex limosa*. А гряды, четко выраженные на снимке, на самом деле выглядят, как цепочки безлесных кочек и заняты *Andromeda polifolia*, *Oxycoccus palustris*, *Carex rostrata*, *C. pauciflora*, *Eriophorum vaginatum*. На разных грядах, каждый из этих видов может выступать в качестве доминанта и/или содоминанта. Также следует отметить, что в центральной части аапа-комплексов болот почти не встречается *Chamaedaphne calyculata*, а на Луннюре – *Betula nana* и *Ledum palustre*. Окраины болот Луннюр и Деб четко отграничены от центральной части, но в отличие от типичных аапа они более евтрофны, чем центральная часть и более обводнены. Сток с этих болот хорошо выражен в виде ручьев со сформировавшимся руслом. Впервые на возвышающихся коврах-подушках болота Луннюр обнаружен *Sphagnum papillosum* Lindb., столь характерный для гряд карельских аапа-болот [16]. У нас же всюду на повышениях преобладает *S. magellanicum*.

Таким образом, можно сказать, что болотные массивы, расположенные в долине р. Лузы в той или иной степени связаны с рекой, а некоторые из них наследуют ее формы, оставленные в процессе развития русла. Впервые описаны аапа болота на юге Республики Коми.

Литература

1. Состояние изученности природных ресурсов Республики Коми. Сыктывкар, 1997. 200 с.
2. Торфяные ресурсы Республики Коми. Сыктывкар, 2000. 613 с.
3. Атлас Коми АССР. М., 1964. 112 с.
4. Атлас Республики Коми. М., 2001. 552 с.
5. Лавренко Е.М., Корчагин А.А. Полевая геоботаника. М.-Л., 1959. Т. 1. 444 с.
6. Шенников А.П. Введение в геоботанику. Л., 1964. 412 с.
7. Методы исследований болотных экосистем таежной зоны. Л., 1991. 128 с.
8. Толмачев А.И. Флора Северо-востока европейской части СССР. Л. 1974-1977. Т. 1-4.
9. Черепанов С. К. Сосудистые растения России и Сопредельных государств (в пределах бывшего СССР). С-Петербург, 1995. 990 с.
10. Савич-Любицкая Л.И., Смирнова З.Н. Определитель сфагновых мхов СССР. Л., 1968. С. 1-112.
11. Абрамова А.Л., Савич-Любицкая Л.И., Смирнова З.Н. Определитель листостебельных мхов Арктики СССР. Л., 1961. 716 с.
12. Ignatov M.S., Afonina O.M. Check-list of mosses of the former USSR // *Arctoa*, 1992. Vol. 1-2. P. С. 1-86.
13. Красная книга Республики Коми. Редкие и находящиеся под угрозой исчезновения виды растений и животных // Под ред. А.И. Таскаева. М., 1998. 528 с.
14. Алексеева Р.Н. Аапа болота среднего течения р. Печоры // Типы болот СССР и принципы их классификации. Л., 1974а. С. 62-68.
15. Алексеева Р.Н. Болота переходной полосы между зонами аапа и бугристых болот на Северо-Востоке европейской части СССР // *Ботан. журн.* 1974б. Т. 59. № 1. С. 74-78.
16. Юрковская Т.К. Растительность и стратиграфия типов верховых и аапа болот Северо-Востока европейской части СССР // Болота Европейского Севера СССР. Петрозаводск, 1980. С. 18-42.

Some features of mesotrophic mires in the south of Komi Republic N.N. Goncharova

Mesotrophic mires are situated in river Luza basin in the south-west of Komi Republic. Mires are connected with dynamics of river bed. Ribbed fens (аапа) described for the first time on this region.

Характеристика химических и биологических свойств различных фракций гуминовых кислот торффов и сапропелей

М.В. Гостищева

Томский государственный педагогический университет, г. Томск,
mariagos@yandex.ru

На основании данных исследования молекулярно-массового распределения, инфракрасных спектров и биологической активности, показано, что гуминовые кислоты различных фракций торффов и сапропеля отличаются как по химическим, так и по биологическим свойствам. При этом гуминовые кислоты сапропеля и низинного древесно-травяного вида торфа содержат больше ароматических фрагментов и кислородсодержащих групп, являются более низкомолекулярными, а также проявляют наибольшую биологическую активность по сравнению с гуминовыми кислотами других торффов.

Гуминовые кислоты (ГК) представляют собой различные по структуре и составу полисопряженные системы с широким спектром функциональных групп. В зависимости от генезиса сырья, степени его метаморфизма в составе ГК могут преобладать как низкомолекулярные, так и высокомолекулярные соединения с различным содержанием алифатических и ароматических фрагментов, функциональных групп. Свойства ГК, выделенных из различных видов сырья, а также разными способами, в каждом конкретном случае специфичны и определяются составом и соотношением индивидуальных веществ [1-3]. Именно этим и обусловлена различная биологическая активность гуминовых кислот торффов различного происхождения [4, 5]. Поэтому исследования гуминовых кислот определенных торффов и сапропелей, выделенных с помощью разных экстрагентов, их свойств и биологической активности, позволяют оценить сырьевую базу для производства, например, препаратов для медицины и ветеринарии, что представляет задачу огромной фундаментальной и практической значимости.

Целью данной работы является изучение химических и биологических свойств ГК, выделенных разными растворителями из трех видов торффов и одного сапропеля.

Методика исследований

Для исследования взяты репрезентативные торфа и сапрпель Томской области: низинный древесно-травяной (торфяное месторождение «Тёмное»), переходный осоковый и верховой сосново-пушицевый (тор-

фьяное месторождение «Васюганское»), органический сапропель (озеро «Карасёвое»). Ранее в работе [6] нами описаны общетехническая и химическая характеристики вышеперечисленных объектов. Гуминовые кислоты выделяли 0.1 н NaOH и нейтральным 0.1 М $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$ (далее как щелочные и пирофосфатные ГК соответственно) по схеме, описанной в [7]. Молекулярно-массовое распределение (ММР) ГК проводили на сефадексе G-75, оптическую плотность регистрировали на спектрофотометре SPECOL-21 при длине волны 465 нм. Инфракрасные (ИК) - спектры ГК записывали на ИК-Фурье-спектрометре Vector-22 фирмы Bruker (Германия) в таблетках с KBr в соотношении 1 : 300, в интервале значений частоты от 500 до 4000 см^{-1} .

Исследование биологической активности ГК проводили на основании их влияния на показатели обратимой агрегации эритроцитов (ОАЭ) с использованием прибора, описанного в [8]. Для сравнительной оценки степени биологической активности исследуемых ГК взяты общеизвестные фармакопейные препараты, широко применяемые в медицинской практике: трентал (уменьшает агрегацию эритроцитов, снижает вязкость крови) и викасол (способствует свертыванию крови) [9, 10]. Контролем служили экстрагенты ГК: 0.1 н NaOH, 0.1 М $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$ соответственно, для трентала и викасола – вода.

Результаты исследований

По данным гель-хроматографии исследуемые ГК различаются между собой характером ММР, в связи, с чем их можно разделить на три группы (рис. 1). К первой группе относятся щелочные ГК торфов (рис. 1а). Кривые ММР этой группы имеют три выраженных максимума в высокомолекулярной области. Низкомолекулярная фракция проявляется небольшим пиком на шлейфе, более выражена у ГК древесно-травяного вида торфа. Отличия по степени дисперсности ГК этой группы обусловлено влиянием древесных компонентов на формировании структуры ГК древесно-травяного вида торфа. Ко второй группе относятся щелочные ГК сапропеля (рис. 1б). Кривая ММР имеет два пика в высокомолекулярной и три – в низкомолекулярной области, что свидетельствует о большей подвижности этих ГК и соответственно лучшей растворимости, по сравнению с ГК первой группы. Необходимо отметить, что по характеру ММР в низкомолекулярной области ГК сапропеля и древесно-травяного вида торфа подобны, что говорит о некоторой схожести их химического строения, и возможно, одинаковой биологической активности. Отличия в структуре молекул ГК различного генезиса торфов и сапропеля объясняются, надо полагать, изначально разным типом образования этих болотных отложений. Существенное влияние на молекулярные показатели ГК торфов оказывают растения – торфооб-

разователи, а на ГК сапропеля, помимо этого, животный мир водоёмов и высокая зольность. В третью группу входят пирофосфатные ГК торфов и сапропеля (рис. 1в). Для них характерно преобладание низкомолекулярной фракции. Соотношение низко- и высокомолекулярной фракции составляет примерно 3:1, причем доля высокомолекулярной фракции слабо выражена, и просматривается в ГК верхового сосново-пушицевого и переходного осокового видов торфов. Также отмечено, что в ГК низинного древесно-травяного вида торфа и сапропеля наблюдается проявление наименьшей дисперсности по сравнению с другими ГК, что еще раз подтверждает идентичность их химического состава. Таким образом, характер ММР ГК в первую очередь обусловлен способом получения: максимумы на кривых щелочных ГК приходятся на высокомолекулярную область, кроме ГК сапропеля, в которых содержание высоко- и низкомолекулярных фракций составляет примерно равное количество, а на кривых пирофосфатных ГК - на низкомолекулярную область. А также различным происхождением: самыми высокомолекулярными являются ГК сосново-пушицевого и осокового видов торфа, а низкомолекулярными – ГК древесно-травяного вида торфа и сапропеля.

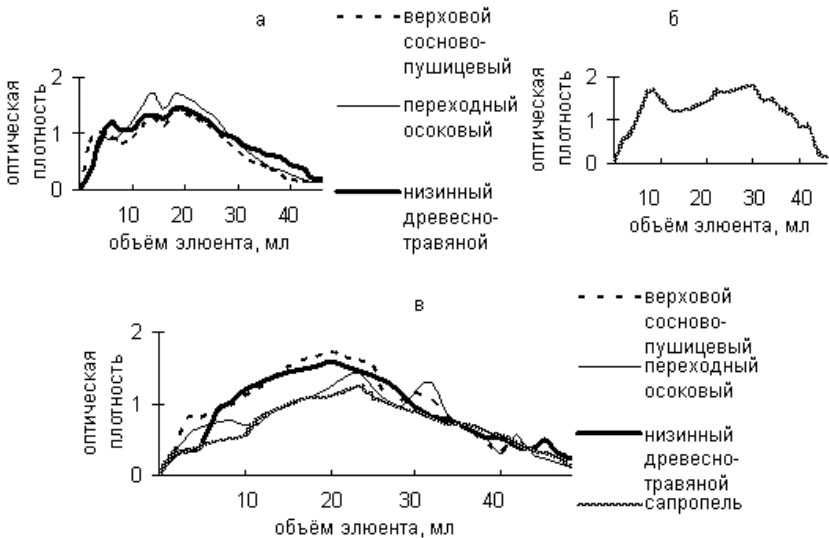


Рис. 1. Молекулярно-массовое распределение: а – ГК, полученных 0.1 н NaOH из торфов; б – ГК, полученных 0.1 н NaOH из сапропеля; в – ГК, полученных 0.1 М Na₄P₂O₇ из торфов и сапропеля.

Во всех ИК-спектрах ГК наблюдаются характерные полосы поглощения, свидетельствующие о многофункциональности их соединений. Нами были обнаружены интенсивные полосы поглощения при длинах волн $3500\text{-}3300\text{ см}^{-1}$ (гидроксилсодержащие соединения), 2920 см^{-1} , $1460\text{-}1440\text{ см}^{-1}$, $700\text{-}900\text{ см}^{-1}$ (длинные метиленовые цепочки), 2860 см^{-1} (метиленовые концевые группы), $1725\text{-}1700\text{ см}^{-1}$ (карбонилсодержащие соединения), $1625\text{-}1610\text{ см}^{-1}$, $1510\text{-}1500\text{ см}^{-1}$, $1390\text{-}1400\text{ см}^{-1}$ (бензойдные структуры), $1250\text{-}1225\text{ см}^{-1}$ (С-О - эфирные), $1050\text{-}1150\text{ см}^{-1}$ (СО - углеводов).

Количественную оценку содержания функциональных групп проводили 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.) показал однотипность и постоянство функционального состава независимо от типа болотного отложения и способов получения гуминовых кислот.

Соотношение оптических плотностей полос поглощения при определенных длинах волн в ГК по данным ИК-спектроскопии

Соотношения оптических полос поглощения	Вид торфа, сапронеля / вытяжка ГК							
	верховой сосново-пушицевый		переходный осоковый		низинный древесно-травяной		органический сапронель	
	шел	п/ф	шел	п/ф	шел	п/ф	шел	п/ф
ОН ₃₄₀₀ /С=C ₁₆₁₀	1.02	0.86	1.03	1.00	1.06	0.87	1.06	0.97
С=О ₁₇₂₀ /С=C ₁₆₁₀	0.95	1.03	0.93	1.00	0.83	0.95	0.76	0.88
Салк ₂₉₂₀ /С=C ₁₆₁₀	0.84	0.86	0.80	0.84	0.77	0.79	0.64	0.70
СО ₁₂₂₅ /С=C ₁₆₁₀	0.84	0.89	0.83	0.91	0.80	0.92	0.73	0.82
ОН ₃₄₀₀ /Салк ₂₉₂₀	1.22	1.00	1.29	1.19	1.37	1.10	1.67	1.39
С=О ₁₇₂₀ /Салк ₂₉₂₀	1.14	1.20	1.17	1.19	1.07	1.20	1.19	1.26
СО ₁₂₂₅ /С=C ₂₉₂₀	1.00	1.04	1.04	1.07	1.04	1.17	1.14	1.17

Примечание: шел. – ГК, полученные 0.1 н NaOH, п/ф – ГК, полученные 0.1 М Na₄P₂O₇.

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

C-O-связей (1225 см^{-1}). Относительное количество гидроксильных групп (D_{3400}/D_{1610}) в ГК не высокое. Карбоксильных групп в пирофосфатной фракции ГК больше, чем в щелочной. В макромолекулах ГК преобладают карбоксильные группы над алкильными заместителями, отношение D_{1720}/D_{2920} для всех образцов больше 1. Близкие значения отношений D_{1720}/D_{2920} во всех образцах и вытяжках ГК характеризует их как структуры с подобной системой полисопряжения и системой Н-связей. Эти результаты также подтверждаются практически одинаковыми значениями относительного содержания алифатических связей по отношению к ароматическим (D_{2920}/D_{1610}). Значительные 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 C-H-связей. Для ГК пирофосфатной вытяжки ГК спектральный коэффициент D_{3400}/D_{2920} меньше, чем для щелочной фракции ГК.

В целом, можно констатировать, что ИК различных вытяжек ГК 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 пирофосфатной фракции наблюдается больше ароматических фрагментов, карбоксильных групп и C-O-эфирных групп, в составе ГК щелочной фракции - больше содержание гидроксильных групп. Для всех ГК торфов отмечено снижение алкильных заместителей.

По результатам определения биологической активности было отмечено, что фракции, полученные из торфа и сапропеля разными экстрагентами, оказывают на обратимую агрегацию эритроцитов (ОАЭ) неодинаковый эффект (рис. 2). При этом биологическая активность ГК сапропеля и древесно-травяного вида торфа выше по сравнению с активностью ГК остальных торфов при любых концентрациях. Так при изучении влияния щелочной вытяжки ГК на показатели ОАЭ было выявлено, что биологическая активность этих ГК проявляется в усилении агрегации эритроцитов крови. Также отмечено, что биологическая активность ГК сапропеля в среднем в 1.5 раза выше, чем активность ГК древесно-травяного вида торфа, в 2.0 и в 2.5 раза, чем активность ГК осокового и сосново-пушицевого видов торфов соответственно. Например, способность усиливать агрегацию эритроцитов крови известного препарата «Викасол» в 2.2 раза ниже, по сравнению с таковой ГК сапропеля. В исследовании влияния пирофосфатной вытяжки ГК на показатели ОАЭ наблюдается противоположный механизм их воздействия относительно щелочной вытяжки, т.е. биологическая активность пирофосфатной фракции ГК проявляется в ослаблении ОАЭ.

При этом активность ГК сапропеля в 1.1, в 1.3 и в 1.4 раза выше, чем активность ГК древесно-травяного, сосново-пушицевого и осокового видов торфов соответственно. Активность антиагрегантного препарата «Трентал» в этом случае в 1.1 раза ниже, чем биологическая активность ГК сапропеля. Также отмечено, что растворы с концентрацией ГК 0.001 % и 0.1 % в обеих фракциях всех торфов и сапропеля более активны.

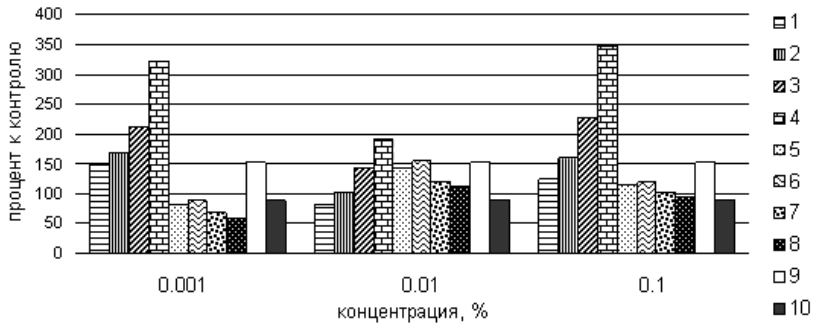


Рис. 2. Биологическая активность: 1 - ГК цел. сосново-пушицевого торфа; 2 - ГК цел. осокового торфа; 3 - ГК цел. древесно-травяного торфа; 4 - ГК цел. сапропеля; 5 - ГК п/ф сосново-пушицевого торфа; 6 - ГК п/ф осокового торфа; 7 - ГК п/ф древесно-травяного торфа; 8 - ГК п/ф сапропеля; 9 - Викасола; 10 - Трентала, цел. – ГК, полученные 0.1 н NaOH, п/ф – ГК, полученные 0.1 М Na₄P₂O₇.

Заключение

Таким образом, из всех исследованных образцов, ГК сапропеля и древесно-травяного вида торфа содержат больше ароматических фрагментов и кислородсодержащих групп и являются более низкомолекулярными. Этими свойствами возможно и объясняется наибольшая биологическая активность по сравнению с ГК других торфов. Как и отмечалось ранее, ГК сапропеля и древесно-травяного вида торфа имеют похожие химические свойства, что отражается и на их практически одинаковой биологической активности. Гуминовые кислоты щелочной экстракции отличаются характером ММР от ГК пиррофосфатной, вероятно, это оказывает определенное влияние на проявление неодинаковой биологической активности этих вытяжек. В результате чего можно констатировать, что различия в механизме и интенсивности воздействия ГК на ОАЭ и соответственно, проявлении их биологической активности определяются видом торфа, разновидностью вытяжки ГК из сырья (щелочная и пиррофосфатная), а также концен-

трацией ГК в растворе. Способ исследования биологической активности ГК торфов и сапропеля по показателям ОАЭ может применяться как тестовый анализ при характеристике биологической активности торфов конкретных торфяных месторождений как сырьевой базы для получения торфяной продукции.

Автор выражает благодарность за помощь в работе рук. лаб. реологии нефти ИХН СО РАН, к.т.н. Н.В. Юдиной и рук. лаб. реологии крови НИИ ББ при ТГУ, д.б.н. Р.Т. Тухватулину

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

Литература

1. Лиштван И.И., Абрамец А.М., Скоропанова Л.С., и др. Фракции гуминовых кислот торфа и их свойства // Природопользование. 1996. Вып. 1. С. 4-6.

2. Лиштван И.И., Капуцкий Ф.Н., Янута Ю.Г., и др. Гуминовые кислоты торфа и препараты на их основе // Природопользование. 2004. Вып. 10. С. 114-119.

3. Марыганова В.В., Бамбалов Н.Н., Парамон С.В. Воздействие вида экстрагента на структуру извлекаемых из торфа гуминовых кислот // Химия твёрдого топлива. 2003. № 1. С. 3-10.

4. Flaig W. Chemische Untersuchungen an Humin Stoffen // Zeitschrift fur Chemie. 4 Jahrgang. 1964. Heft 7, S. 253-265.

5. Flaig W. Organische Kolloide des Bodens, Bildung und Eigenschaften // Agrochemica. 1978. № 22. S. 226-247.

6. Гостищева М.В., Кузьменко О.А. Характеристика некоторых видов торфа Томской области // Болота и биосфера / Сборник материалов Четвёртой Научной Школы. Томск, 2005. С. 151-157.

7. Бамбалов Н.Н., Беленькая Т.Я. Фракционно-групповой состав органического вещества целинных и мелиорированных торфяных почв // Почвоведение. 1998. № 12. С. 1431-1437.

8. Тухватулин Р.Т., Левтов В.А., Шуваева В.Н., и др. Агрегация эритроцитов в крови, помещенной в макро- и микроюветы // Физиологический журнал. 1986. № 6. С. 775-784.

9. Машковский М.Д. Лекарственные средства. Харьков, 1998. Т. 1. 560 с.

10. Машковский М.Д. Лекарственные средства. Харьков, 1998. Т. 2. 592 с.

The characteristic of chemical and biological properties of various fractions of humic acids of peats and sapropels

M.V. Gostishcheva

On the basis of the data of research of molecular-mass distribution, infra-red spectra and biological activity, it is shown, that humic acids of various fractions of peats and sapropel differ both on chemical, and on biological properties. Thus humic acids of sapropel and a low-mire wood-grassy type of peat contain more than aromatic fragments and oxygen-containing groups, are more low-molecular, and also show the greatest biological activity in comparison with humic acids of other peats.

Болотообразование на территории юго-западного района Красноярской лесостепи (на примере Качинского болота)

А.В. Гренадерова

Красноярский государственный университет, г. Красноярск,
grenaderova@krasu.ru

Приведены результаты ботанического изучения торфяной залежи на первой надпойменной террасе р.Кача (Красноярская лесостепь). Восстановлены сообщества, участвующие в формировании растительного покрова, прослежена динамика условий увлажнения. На основе данных радиоуглеродного анализа определено время начала болотообразования и торфонакопления.

В лесостепной зоне - одной из наиболее освоенной и важной в хозяйственном отношении территории, болота играют важную роль в сохранении гидрологического баланса, поддержании экологического равновесия и биологического разнообразия. Несмотря на это, болота Красноярской лесостепи до сих пор остаются слабо изученными с точки зрения познания закономерностей их образования и развития в зависимости от природных условий.

Ранее геологоразведочными партиями, на указанной территории, изучались запасы и ресурсы торфа наиболее крупных торфяников, имеющих промышленное значение (Качинское-1, Качинское-2, Томасульское, Тыжновское, Туруново). Были установлены площади участков в границах промышленной глубины, средняя мощность, запасы торфа, степень разложения, естественная влажность, кислотность и общий ботанический состав торфа с интервалом отбора образцов 0.25 м.

Методика исследований

Для познания особенностей образования и развития болот на территории Красноярской лесостепи, нами изучено три болотных массива: два в долине р. Кача и один в пойме р. Тартат – левый приток Енисея. На болотах закладывали шурфы, что позволило описать отложения и провести послойный отбор образцов с интервалом в 5 см для изучения ботанического состава, степени разложения и зольности торфа. Одновременно были взяты пробы для радиоуглеродного датирования, описана геоморфологическая приуроченность болот и современная растительность.

Подготовка образцов к ботаническому анализу проводилась по принятой в болотоведении методике [1]. Для определения видовой принадлежности растительных остатков, слагающих торф, использовались атласы [2, 3]. На основе результатов ботанического анализа с использованием экологической шкалы увлажнения Л.Г. Раменского [4] произведена оценка условий увлажнения, в которых существовал фитоценоз, отложивший изучаемый слой торфа.

Известно, что разные виды растений имеют неодинаковую устойчивость к агентам разложения [5, 6]. Не сохраняются в торфе или сохраняются единично остатки растений семейств: *Apiaceae*, *Asteraceae*, *Ranunculaceae*, *Scrophylariaceae*, *Orchidaceae*. Однако, при слабой степени разложения (10-25 %), можно довольно полно восстановить исходный фитоценоз, так как ведущая роль основных доминантов в торфе сохраняется [5, 7]. Определение степени разложения торфа было проведено с помощью объемно-весового метода, разработанного Н.И. Пьявченко [8]. Зольность торфа устанавливалась в соответствии с [9].

Результаты исследований

На первой надпойменной террасе на левом берегу р. Качи, в 2.5 км к западу от д. Крутая, 40 км к северо-западу от г. Красноярска, расположено небольшое облесенное болото богатого грунтового питания. Древесный ярус состоит из *Betula sect. Albae* (высота в среднем 2.5-4 м), сосны (1-3 – до 10 м), единично отмечены лиственницы и ели высотой до 20 м. Напочвенный покров представлен осоковыми, осоково-разнотравно-зеленомошными и реке разнотравно-сфагновыми сообществами.

Нами изучены отложения разреза, заложенного в сосново-березовом разнотравно-осоково-зеленомошном с елью и лиственницей фитоценозе. Установлено, что залежь низинного типа многослойная топяная, в её сложении участвуют древесно-травяной, древесно-осоковый, древесно-гипновый, травяной, осоковый, гипновый, травяно-гипновый и осоково-гипновый виды торфа (рис.). В верхнем слое торфяника отмечен горизонт

из сфагнового переходного торфа мощностью 0.25 м, что указывает на наличие непродолжительного периода с условиями обедненного водно-минерального питания. Зольность торфов варьирует от 4.5 до 18.8 % и в среднем составляет 12.0 %. Средняя степень разложения – 22.4 %.

Подстилающие торф оторфованные суглинки включают остатки хвощей, водно-болотной растительности и кору березы, что свидетельствует о существовании здесь в позднеатлантическое время (6435±40 лет назад) водоема, по мокрым окраинам которого был развит березняк хвощовый, с вахтой трехлистной, сабельником болотным, очеретником, телиптерисом болотным, осокой дернистой.

В дальнейшем происходило заиливание и зарастание мелководного водоема, начался процесс образования и накопления торфа. Слой торфа, накопившийся в конце АТ₃, в SB₁, и в первую половину SB₂ (интервал 2.3-1.6 м) сформирован остатками осоково-гипновой группы ассоциаций, которая произрастала при условиях обильного увлажнения, соответствующего 95-98 ступени по шкале увлажнения Л.Г. Раменского [4]. Травяной покров осоково-гипновой группы ассоциаций слагали осока волосистоплодная, шнуракорневая и двудомная, в небольшом количестве присутствовали шейхцерия, вахта, рогоз и очеретник. Моховой покров занимал микропонижения и был представлен мхами рода *Drepanocladus*, *Calliergon* и др. (в волокне торфа отмечено до 80 % зеленого мха). 3700 лет назад (СОАН-4642) произошло уменьшение обводненности, что фиксируется по появлению в составе торфяного волокна остатков древовидной березы (10 %).

С конца первой половины SB₂ и примерно до 3000 л.н. на болоте развивалась разнотравно-осоковая группа ассоциаций, травяной покров которой образовывали осока дернистая, волосистоплодная, топяная, просяная, а доминирующее положение занимала осока двудомная. Болотное разнотравье было представлено шейхцерией болотной, пушицей влагилищной, вахтой, вейником седеющим. Моховой покров был развит слабо (в волокне торфа отмечено до 20 % зеленого мха). В середине второй половины SB₂ в составе фитоценоза снижается количество осок, постепенно возобновляется господствующее положение зеленых мхов, в древесном ярусе появляется сосна (см. рис.).

С конца SB₂ и на протяжении SB₃ и SA₁ на болоте существовала осоково-гипновая группа ассоциаций при болотном увлажнении. В SA₂ при постепенно уменьшающемся увлажнении, когда в составе фитоценоза большее участие стали принимать менее влаголюбивые виды, снизилась роль гипновых мхов. В начале SA₃ на болоте был развит разнотравно-мочажинно-сфагновый фитоценоз при сырлуговом увлажнении. Со второй половины позднеатлантического времени при увеличении увлажнения

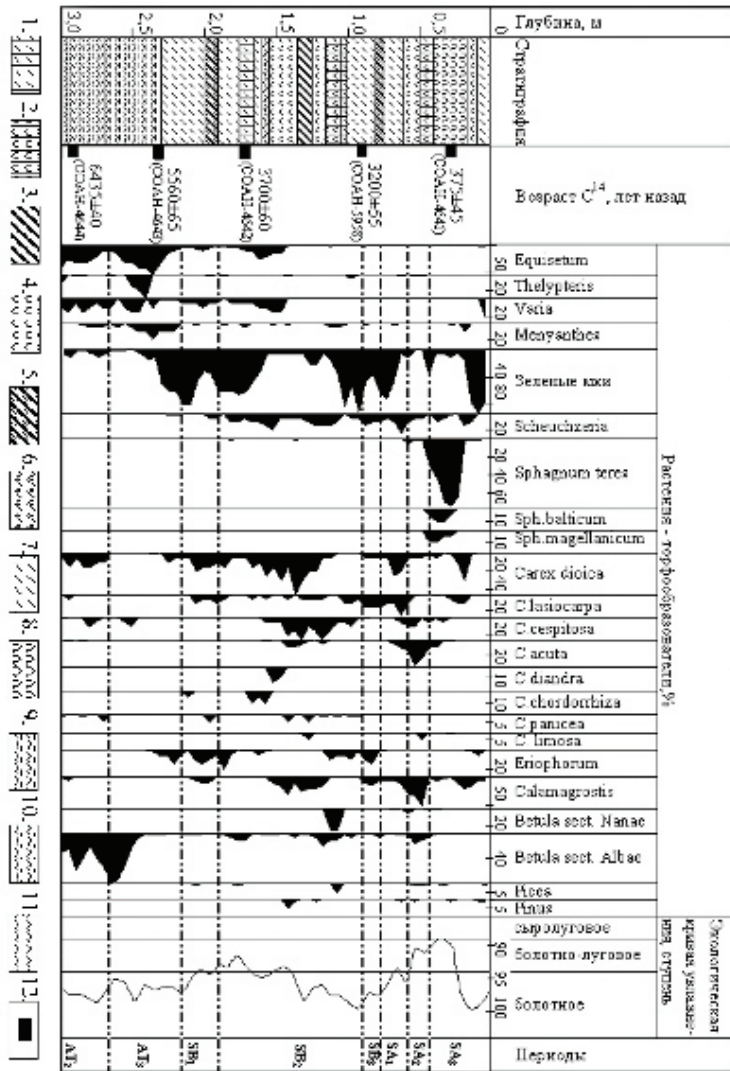


Рис. Строение, ботанический состав и экологическая кривая увлажнения торфяных отложений Качинского болота.
 Условные обозначения. Виды торфа: 1-древесно-гипновый; 2-древесно-травяной; 3-осоковый; 4-травяной; 5-осоково-гипновый; 6-травяно-гипновый; 7-гипновый; 8-сфагновый. 9-оторфованный суглинок; 10-суглинок с включением детрита; 11-суглинок; 12-радиоуглеродная дата.

распространение получила осоково-гипновая группа ассоциаций. На протяжении последних 50-40 лет на болоте стал развиваться древесный ярус из лиственницы, ели, позже появились сосна и береза пушистая.

Заключение

По результатам радиоуглеродного датирования установлено, что Болотообразование в Красноярской лесостепи началось в конце позднеатлантического периода, чему предшествовало зарастание мелководных водоемов и заболачивание пойм. Торфонакопление на первой надпойменной террасе в долине р. Кача началось в конце позднеатлантического периода (АТ₃) (5560±65 л.н. СОАН-4643), в пойме, выше по течению р. Кача начало заболачивания березняка осоково-хвощово-разнотравного датировано возрастом 5160±55 л.н. (СОАН-4639). А в долине р. Тартат обмеление и зарастание водоема, существовавшего с предбореального времени началось 7170±55 л.н. (СОАН-5886). На территории Минусинской лесостепи, расположенной на 400 км южнее, болотообразование началось позже – в конце позднеатлантического - начале раннесуббореального времени. В таежной зоне Приенисейской Сибири образование болот датировано бореальным – предбореальным периодом [10-12], что соответствует выявленной для равнинных территорий тенденции уменьшения возраста болот в меридиональном направлении с севера (лесная зона) на юг [13].

На начальных этапах развития болот Красноярской лесостепи, в растительном покрове были развиты топяные фитоценозы из хвощей, рогаза, телиптериса, тростника южного, осоки пузырчатой, дернистой, волосистоплодной и шнурокорневой, стрелолиста стрелолистного, вахты трехлистной, очеретника, шейхцерии болотной и зеленых мхов. В дальнейшем они сменились гипновой группой ассоциаций (на первой надпойменной террасе р. Кача, и в пойме р. Тартат), разнотравно-осоковой растительностью и березняком хвощово-осоковым (в пойме р. Кача). Средняя скорость торфонакопления за весь период формирования болот – 0.31 мм/год.

Литература

1. Торфяные месторождения и их разведка (руководства по лабораторно-практическим занятиям). М., 1977. 264с.
2. Домбровская А. В., Коренева М. М., Тюремнов С. Н. Атлас растительных остатков встречаемых в торфе. М.-Л., 1959. 137 с.
3. Кац Н.Я., Кац С.В., Скобеева Е.И. Атлас растительных остатков в торфах. М., 1977. 371 с.
4. Раменский Л.Г., Цаценкин И.А., Чижиков Н.А., Антипин Н.А. Экологическая оценка кормовых угодий по растительному покрову. М., 1956. 480 с.

5. Боч М.С. К методике изучения временных смен растительности на болотах // Материалы по динамике растительного покрова (Доклады на межвузовской конференции в сентябре 1968 г). Владимир, 1968. С.138-139.

6. Миронычева-Токарева Н.П., Паршина Е.К. Динамика разложения органического вещества на болотах различного генезиса // Болота и биосфера: Сб. материалов Третьей Научной Школы (13-16 сентября 2004 г). Томск, 2004. С.23-30.

7. Тюремнов С.Н., Лисс О.Л. К динамике болотной растительности в голоцене // Материалы по динамике растительного покрова (Доклады на межвузовской конф. в сентябре 1968 г). Владимир, 1968. С.137-138.

8. Пьявченко Н.И. Степень разложения торфа и методы ее определения. Красноярск, 1963. 55 с.

9. ГОСТ 6801-86. Торф. Метод определения зольности в залежи. Введ. 01.01.87. М. 4 с.

10. Хотинский Н.А. Голоцен Северной Евразии. М., 1977. 200 с.

11. Ямских Г.Ю., Карпенко Л.В., Гренадерова А.В. Реконструкция сукцессий растительности и палеогидрологического режима болот (на примере торфяника в долине реки Кас) // География и природные ресурсы. 2004. № 4. С.128-134.

12. Карпенко Л.В. Динамика растительного покрова, торфонакопления и углерода в Тугуланской котловине (средняя тайга енисейского лево-бережья) // География и природные ресурсы. 1996. № 3 С. 74-81.

13. Лисс О.Л., Абрамова Л.И., Аветов Н.А. и др. Болотные системы Западной Сибири и их природоохранное значение. Тула, 2001. 584 с.

The formation of bogs in the southwest of Krasnoyarsk Steppe-Forest (for example Kacha bog) A.V. Grenaderova

The article about result of study peat bog situated in the valley Kacha river (steppe-forest Krasnoyarsk). Paleobotanical analysis of the peat obtained allowed to trace dynamics of paleovegetation changes and dynamics of paleo-moisture. Definitely time beginning the formation of bog and the accumulation of peat.

Экспериментальное определение термических характеристик торфяной залежи в теплый период года

Е.А. Дюкарев, Е.А. Головацкая

Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН,
г. Томск, egog@imces.ru

Представлены результаты измерения теплового режима торфяной залежи в течение теплого периода года с использованием автоматической станции температурного мониторинга почвогрунтов. С применением методов анализа температурной волны и конечных разностей вычислен эффективный коэффициент теплопроводности различных слоев торфяной залежи.

Болота имеют важное биосферное значение, которое определяют три аспекта: вклад в сохранение биоразнообразия, формирование газового состава атмосферы, водного режима, качества природных вод и климата на обширных пространствах. Торфяная залежь представляет собой сложную органоминеральную систему, обладающую специфическими свойствами: высокой обводненностью, высокой пористостью, содержит большое количество малоразложившегося органического вещества. Торфяная залежь характеризуется особым тепловым режимом, существенно отличающимся от минеральных почв. Температура торфяной залежи во многом определяет скорость и направление процессов, протекающих в торфе: микробиологических, физико-химических и др. Исследование температурного режима торфяной залежи позволяет выявить особенности теплового, водного, газового режимов болотных экосистем.

Методика исследований

Работа выполнялась на стационаре «Васюганье» (Бакчарский район, Томская область), в сосново-кустарничково-сфагновом фитоценозе (низкий рям), мощность торфяной залежи 2 м. Измерения температуры торфяной залежи проводились в период с 17 июня по 25 сентября 2005 г. с помощью автоматической станции температурного мониторинга почвогрунтов МОДУЛ-Т производства Института географии СО РАН (г. Новосибирск). Датчики температуры были расположены на глубинах 2, 5, 10, 15, 25, 40, 60, 80 см, периодичность измерений 15 минут.

Результаты исследований

Поверхность почвы нагревается под воздействием лучистой энергии солнца, тепло передается в верхние, а затем и в глубокие слои. Исследование показало, что суточные колебания температуры проникают на глубину до 15-20 см, при этом их амплитуда снижается. Рыхлые верхние слои мохового очеса из-за своей высокой теплоизолирующей способности существенно снижают амплитуду колебаний температуры в нижележащих слоях торфяной залежи. Кроме того, на глубине 17-18 см располагаются болотные воды, и температура в нижележащих слоях насыщенных водой меняется медленнее (рис. 1).

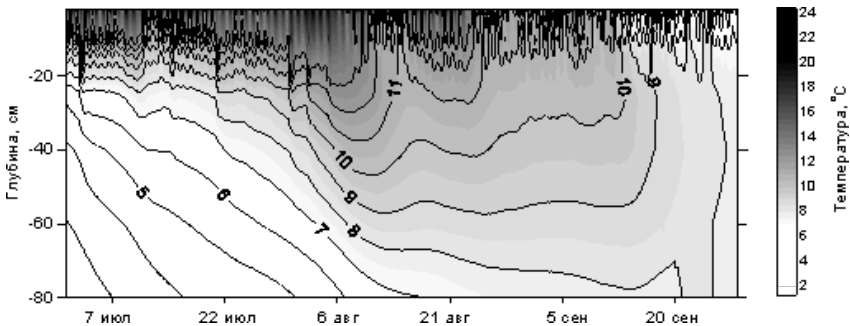


Рис. 1. Сезонный ход температуры торфяной залежи (июль-сентябрь).

В отдельные моменты времени на временном ходе температуры, на глубинах 15 и 20 см наблюдается скачкообразный рост температуры, после чего температура медленно спадает. Столь «стремительный» прогрев торфяной залежи связан с выпадением теплых осадков и их инфильтрацией вглубь. Дождевая вода при инфильтрации в почву переносит вглубь не только свое тепло, но и поверхностное тепло радиационного происхождения, которое она снимает с подстилающей поверхности, просачиваясь через нее вниз. Данный механизм прогрева глубинных слоев почвогрунтов характерен для болотных экосистем, в связи с высокой пористостью верхних слоев мха и слаборазложившегося торфа. Максимальная глубина прогрева торфяной толщи до 10°C составляет примерно 45 см, и приходится на 7 августа. На глубине 80 см температура растет до середины сентября и достигает 8°C.

На основании данных измерений температуры на разных глубинах был определен эффективный коэффициент температуропроводности для различных слоев торфа и мохового очеса (табл.), который в скрытом виде учитывает передачу тепла не только молекулярной теплопроводностью, но

и всеми другими видами теплообмена. Эффективный коэффициент зависит от температуры среды, градиента температуры и в значительной мере от скорости инфильтрации и количества атмосферных осадков.

Коэффициент температуропроводности (а) торфяной залежи на разных глубинах

Глубина, см	5	10	15	25	40	60
а, см ² / час	5.50	6.70	4.34	4.11	5.56	5.62

Коэффициент температуропроводности в верхних слоях оценивался по изменению амплитуды (первый закон Фурье) и фазы (второй закон Фурье) суточных колебаний температуры при проникновении температурной волны вглубь [1, 2]. Основой метода является предположение о строго периодическом ходе температуры на поверхности. Уравнение, описывающее кондуктивный перенос тепла в одномерной изотропной среде имеет вид [1]:

$$\partial T / \partial t = a \partial^2 T / \partial x^2 \quad (1)$$

Предполагая, что на верхней границе температура меняется по гармоническому закону $T(0, t) = T_1 + T_0 \sin(\omega t)$, а на нижней границе действительно слоя – температура постоянна $T(x \rightarrow \infty) = T_\infty$, где T_1 – средняя температура поверхности почвы, T_0 – амплитуда температуры на поверхности, $\omega = 2\pi / 24$ - частота изменения температуры на поверхности. Приближенное решение уравнения (1), если коэффициент a постоянен, может быть записано в виде:

$$T(x, t) = T_\infty + T_0 \exp\left(-x\sqrt{\omega / 2a}\right) \sin\left(\omega t - x\sqrt{\omega / 2a}\right) \quad (2)$$

Выразим эффективную температуропроводность:

$$a = \frac{\omega}{2} \left(\frac{x_2 - x_1}{\ln(A_1 / A_2)} \right)^2 \quad (3)$$

где A_1 и A_2 – амплитуда температурной волны на глубинах x_1 и x_2 . Выражение 3 позволяет оценить среднесуточное значение коэффициента a . В течение летнего сезона коэффициент меняется в широких пределах (рис. 2.). Аномально высокие величины эффективного коэффициента (до 1000 см²/ч) получаются при прогреве торфяной залежи идет за счет инфильтрации теплых осадков.

Для определения температуропроводности глубинных слоев торфяной залежи, где суточные колебания температуры отсутствуют, использовался прямой численный метод. Записывая уравнение (1) в конечно-разностном виде выразим эффективную температуропроводность среды:

$$a = \frac{(\Delta x)^2}{\Delta t} \frac{T(x, t + \Delta t) - T(x, t)}{T(x + \Delta x, t) - 2T(x, t) + T(x - \Delta x, t)}$$

где x – расстояние между датчиками температуры, t – шаг по времени. Численная схема устойчива при условии $a \Delta t / (\Delta x)^2 < 1/2$. При приближении производной $\partial^2 T / \partial x^2$ к нулю получают аномально высокие значения коэффициента a . В глубоких слоях залежи это происходит при смене направления потока тепла, когда прогрев почвы сменяется ее остыванием.

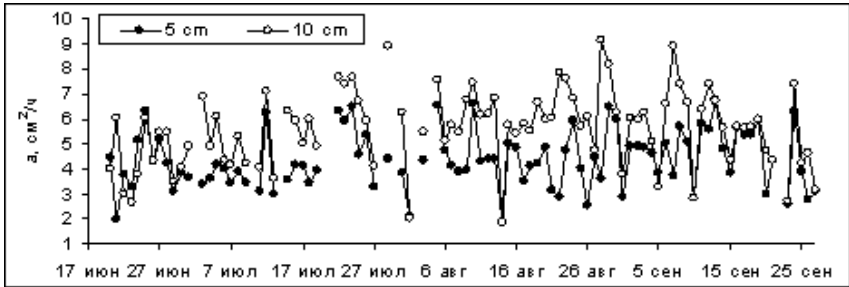


Рис. 2. Временной ход среднесуточных значений коэффициента температуропроводности.

Заключение

Коэффициент температуропроводности торфа и мохового ошеса рассчитан по данным инструментальных измерений хода температуры на разных глубинах. Результаты расчетов, приведенные в таблице, хорошо согласуются с литературными данными [3, 4]. Увеличение коэффициента температуропроводности в верхних слоях (до 10 см) мохового ошеса связано с возрастанием влажности мха при приближении к уровню болотных вод. Рост коэффициента с глубиной, в слоях торфа насыщенных водой, вызван увеличением плотности торфа с глубиной. Экспериментально определенные значения коэффициентов температуропроводности позволяют вычислить поток тепла в грунт, являющимся одним из основных элементов теплового баланса земной поверхности.

Литература

1. Лыков А.В. Тепломассообмен. Справочник. М., 1978. 476 с.
2. Чудновский А.Ф. Теплообмен в дисперсных средах. М., 1954. 444 с.
3. Павлов А.В. Теплофизика ландшафтов. Новосибирск, 1979. 284 с.
4. Романов В.В. Гидрофизика болот Л., 1961. 360 с.

Experimental investigation of peat deposit thermal properties in frost-free period

E.A. Dyukarev, E.A. Golovatskaya

The results of studying of thermal regime of peat deposit in frost-free period are given with the use of automatic station for temperature monitoring of soils. The apparent thermal diffusivity of peat deposit layers were calculated using heat wave analysis and finite difference methods.

Особенности формирования биоразнообразия растительного покрова на выработанном болоте Васильевский мох Тверской области

О.Б. Зайцева, Н.В. Веселов

Тверской государственной технической университет, г. Тверь,
zaiceva.olesya@mail.ru

В работе дается оценка зависимости характера зарастания от способа разработки торфяного болота. Приводятся сравнительные данные разных лет исследования состава и структуры растительного покрова. Подчеркивается необходимость создания классификации растительности и ландшафтов выработанных торфяников.

Введение

Болота в Тверской области занимают около 9 % площади. Значительную часть болот области Н.Я. Кац относит к Ладожско-Ильменско-Западнодвинской провинции, в которой выделяет фактически один тип болот – олиготрофные грядово–мочажинные торфяники [1]. Большинство выработанных торфяников Тверской области относится к олиготрофному типу. Формирование ландшафтов выработанных торфяников и растительного покрова как элемента этих ландшафтов зависит от технологической схемы добычи торфа [2]. Первые работы по исследованию выработанных торфяников в России были выполнены в 1930-х годах сотрудниками ЦТОС НКЗ. В 60-е годы типология выработанных торфяников основывалась на динамике их зарастания в соответствии с химическим составом, минерализацией и глубиной воды, влажностью субстрата [2], а также с мощностью оставшегося торфа в карьерах [3]. Однако комплексность растительного покрова выработанного торфяника этими авторами не рассматривалась как особенность структуры и динамики его залежи.

Методика исследований

Торфяной массив Васильевский мох расположен в Калининском районе Тверской области. До освоения площадь болота составляла 5.5 тыс. га при средней глубине залежи 2 м. Болото плакорного залегания, главным водоприемником является р. Тверца. Преобладающий вид залежи – верховая магелланикум-залежь. В растительном покрове преобладали пушицево-сфагновые, сосново-сфагновые и сфагново-пушицевые сообщества. Заращение участков, выработанных машиноформовочным способом, происходит около 60-70 лет; участки, выработанные гидравлическим способом, подверглись заращению 50-60 лет. В настоящее время поверхность болота представляет собой зарастающие естественным путем карьеры, поля разлива торфомассы и фрезерные поля [4].

По аэроснимкам болота выделялись наиболее представительные выработанные участки. На этих участках в полевых условиях закладывались микропрофили длиной 40-50 м. Съемка поверхности микропрофилей проведена от горизонта над поверхностью 70 см с одновременным выявлением полного флористического состава и проективного покрытия каждого вида. Между трансектами визуально определялись границы ассоциаций. Учет растительности проводился в сентябре 2000 г. и повторно в сентябре 2005 г. Отмечались факторы морозобойных нарушений и пирогенный фактор.

Результаты исследований

В настоящее время поверхность болота имеет комплексный характер, обусловленный технологическими особенностями добычи торфа машиноформовочным и гидравлическим способами.

На пробной площади, находящейся на участке, разрабатывавшемся способом гидроторфа, 85 % видов растений относятся к видам, типичным для олиготрофных мест обитаний, а 15 % видов - к евтрофным (*Eriophorum polystachion* L., *Carex rostrata* Stokes, *Fragmites communis* Trin., *Calla palustris* L., *Juncus bufonius* L., *Betula pubescens* Ehrh.). Обилие *Juncus bufonius*, *Calla palustris* и подроста *Betula pubescens* незначительно. Эвтрофная *Eriophorum polystachion* и мезо-эвтрофная *Carex rostrata* имеют высокое обилие в сообществах, занимающих понижения микрорельефа, и индицируют мезотрофный характер этих местообитаний.

На ключевом участке машиноформовочной добычи индикатором мезотрофных водно-минеральных условий является только *Carex rostrata* (обилие *Calla palustris* и подроста *Betula pubescens* незначительно). Данные стратиграфического бурения показывают, что на этой пробной площади между дном карьеров и подстилающими грунтами находится достаточно мощная прослойка ненарушенной торфяной залежи. Это ослабляет

влияние грунтовых вод и уменьшает минерализацию воды в машиноформовочном карьере.

В таблицах 1 и 2 приводятся для сравнения данные состава растительных группировок и их проективного покрытия на участках машиноформовочной добычи и гидроторфа, исследованных в 2000 и 2005 гг.

Предварительный анализ повторного учета показывает, что изменения во флористическом составе сообществ носят флуктуационный характер и зависят от случайных факторов. Определяющим фактором в данном случае является пирогенный. В 1998 и 2003 гг. отмечались сильные пожары на болотах. Исследованное болото Васильевский мох не было исключением. Результатом этого является исчезновение или сокращение количества некоторых видов растений (*Betula pubescens Ehrh.*, *Potentilla erecta L.*, *Poa palustris L.*, *Festuca rubra L.* на полях сушки; *Andromeda polyfolia L.*, *Chamaedaphne calyculata L.*, *Ledum palustre L.*, *Vaccinium vitis – idaea L.*, *Eriophorum vaginatum L.*, сфагновых мхов на участках, выработанных машиноформовочным способом; *Betula pubescens Ehrh.* и *Pinus sylvestris L.* на участках, выработанных гидравлическим способом) и незначительное появление таких растений, как *Populus tremula L.*, *Vaccinium myrtillus L.*, *Molinia caerulea L.*, *Epilobium palustre L.* на полях сушки; *Vaccinium myrtillus L.*, *Juncus bufonius L.* на участках, выработанных гидравлическим способом. Но в целом, группировки растительности разных лет незначительно отличаются во флористическом составе.

Выявить сукцессионные изменения не позволяет короткий срок наблюдений.

Выводы

Растительность, близкая к существовавшей до осушения болота, сохранилась на положительных формах микрорельефа. Растительность отрицательных форм микрорельефа также является болотной, но она более гидрофильна по сравнению с исходной и более широкого спектра по богатству водно-минерального питания. Данные повторного учета растительности говорят о присутствии в исследованных фитоценозах лишь флуктуационных изменений.

Таким образом, через 70 лет после разработки на месте однородного олиготрофного участка болота находится комплексный болотный ландшафт, биологическое разнообразие растительности которого выше, чем в исходном ненарушенном состоянии. В то же время подобные этому комплексы не имеют аналогов среди ненарушенных болотных ландшафтов, а поэтому попытки найти им место в существующих классификациях будут безуспешны. Необходимо создание классификации растительности и ландшафтов выработанных торфяников.

Таблица 1

Состав и покрытие видов (%) на участке болота Васильевский мох, выработанного машиноформовочным способом

Виды растений	Номера контуров															
	1	1*	2	2*	3	3*	4	4*	5	5*	6	6*	7	7*	8	8*
<i>Betula pubescens</i>	5								+			+	+			
<i>Pinus sylvestris</i>	5	5							+			+	+			
<i>Andromeda polyfolia</i>	+	5	+							+		70				+
<i>Chamaedaphne calyculata</i>	5	5	20	25			+		5	25	5	15	5	+	+	8
<i>Ledum palustre</i>	+	40								5		+	+			15
<i>Oxycoccus palustris</i>										20			+		15	20
<i>Vaccinium uliginosum</i>	5															3
<i>Vaccinium myrtillus</i>									+	+			5			
<i>Vaccinium vitis-ideae</i>	+	5							+	5			5			
<i>Calla palustris</i>					10	+	+	+								
<i>Carex rostrata</i>						5	25	25			15			25		
<i>Eriophorum vaginatum</i>	30	10	20	60	5	15		10		20	5	30	10	6	5	5
<i>Sphagnum angustifolium</i>	+	80							15			30	20			25
<i>Sphagnum cuspidatum</i>			80	100		100		100			95				95	
<i>Sphagnum fallax</i>														100		
<i>Schagnum magellanicum</i>	5	15	5	+						95		70			+	70
<i>Polytrichum strictum</i>	20	7							+	5		+	5			+

Продолжение таблицы 1

Состав и покрытие видов (%) на участке болота Васильевский мох, выработанного машиноформовочным способом

Виды растений	Номера конгуров																
	1	1*	2	2*	3	3*	4	4*	5	5*	6	6*	7	7*	8	8*	
<i>Calluna vulgaris</i>									20	10			5				
<i>Molinia caerulea</i>	+								+								
<i>Drosera rotundifolia</i>	+																

Примечание: номера конгуров без звездочки – данные 2005 года; номера конгуров со звездочкой – данные 2000 года.

Таблица 2

Состав и покрытие видов (%) на участке болота, выработанного гидравлическим способом

Виды растений	Номера конгуров															
	1	1*	2	2*	3	3*	4	4*	5	5*	6	6*	7	7*	8	8*
<i>Betula pubescens</i>										5						5
<i>Pinus sylvestris</i>										25						25
<i>Andromeda polyfolia</i>	2	5	2		+				5	20				5	2	5
<i>Calluna vulgaris</i>	2		+		+				2	5					2	15
<i>Chamaedaphne calyculata</i>			2		2				2	+				2	10	5
<i>Ledum palustre</i>			+		2				2	15					20	15
<i>Vaccinium uliginosum</i>	+								2						+	+

Продолжение таблицы 2
 Состав и покрытие видов (%) на участке болота, выработанного гидравлическим способом

Виды растений	Номера конгуров															
	1	1*	2	2*	3	3*	4	4*	5	5*	6	6*	7	7*	8	8*
<i>Vaccinium myrtillus</i>									2						2	
<i>Eriophorum polystachion</i>						5	5	5		2	2	20	7			
<i>Eriophorum vaginatum</i>	20	5	10		10		2		10	15				7	2	5
<i>Drosera rotundifolia</i>			+		+				+							
<i>Carex limosa</i>			+													
<i>Carex rostrata</i>	5	10	10	7	15	35	20	5	5	+	25	3	10	5	2	
<i>Oxycoccus palustris</i>	+	3	2	+	2	+				3	30	2		20	7	15
<i>Phragmites australis</i>																
<i>Rhynchospora alba</i>						+										
<i>Calla palustris</i>			5				5	5					10			
<i>Sphagnum angustifolium</i>			5		7				50	40					30	25
<i>Sphagnum cuspidatum</i>					95	95							45			
<i>Sphagnum fallax</i>	95	100	95	100			95	100			95	100	95	95		
<i>Sphagnum fuscum</i>																10
<i>Sphagnum magellanicum</i>	5		5		7										30	25
<i>Juncus bufonius</i>												+				
<i>Polytrichum strictum</i>	3		10		10				10	60				2	10	5

Примечание: номера конгуров без звездочки – данные 2005 года; номера конгуров со звездочкой – данные 2000 года.

Литература

1. Кац Н.Я. Типы болот СССР и Западной Европы и их географическое распространение. М., 1948. 295 с.
2. Абрамова Л.И. Формирование растительности на выработанных торфяниках и основные пути их использования: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. М., 1969. 18 с.
3. Смагин В.А. Динамика зарастания торфяных карьеров (на примере выработанных торфяников Ленинградской области) // Бот. журн., 1982. Т. 67. № 8. С. 112-117.
4. Веселов Н.В., Панов В.В. Естественное восстановление растительности на выработанных болотах южной тайги (на примере Тверской области) // Бот. журн., 2005 г., Т. 90, № 12 С. 1847-1857

Features of formation of a biodiversity of a vegetative cover on produced bog of the Tver area O.B. Zajtseva, N.V. Veselov

In work the estimation of dependence of character зарастания from a way of development of a peat bog is given. Cited the data on structure and structure of a vegetative cover. Necessity of creation of classification of vegetation and landscapes of the produced turbaries is emphasized.

Трансформация органического вещества торфов разного ботанического состава

Е.С. Иванова

Сибирский НИИ сельского хозяйства и торфа СО РАНХН, г. Томск,
ivanova_e_s@bk.ru

В процессе торфообразования при различии условий водно-минерального питания формируются разные по ботаническому составу и физико-химическим свойствам торфа, следовательно, они характеризуются разной степенью биохимической устойчивости их органического вещества. На основании экспериментов по кинетике минерализации торфов разного ботанического состава были получены кинетические кривые, согласно которым была определена степень биохимической устойчивости торфов и кумулятивное накопление CO₂. Исследования проводились абсорбционным методом.

В процессе торфообразования при различии условий водно-минерального питания формируются разные по ботаническому составу и физико-химическим свойствам торфа, следовательно, они характеризуются разной степенью биохимической устойчивости их органического вещества. Дioxid углерода является одним из конечных процессов минерализации органического вещества. Поэтому, зная скорость продуцирования CO_2 , можно оценить потери органического вещества вследствие минерализации органического вещества.

Методика исследований

С целью изучения скорости и направления процесса трансформации органического вещества нами был проведен опыт. В качестве объектов исследования были выбраны 12 видов торфов, в том числе верхового типа (магелланикум-торф), переходного (осоковый) и низинного типов (травяной, травяно-гипновый, гипновый, осоковый, древесно-гипновый, тростниковый). Торфа были отобраны с разных торфяных месторождений – Васюганское болото, Самара и Сухое Вавиловское в Бакчарском районе Томской области. Для изучения в модельных экспериментах скорости минерализации органического вещества торфов использовалась методика определения кинетики минерализации органического вещества, предложенная для минеральных почв (метод точной навески или метод хемосорбции), в котором инкубация почвенных образцов и регистрация количества продуцируемого CO_2 осуществляется при постоянном газообмене с атмосферным воздухом. [1]. В исследуемых торфах изучали ферменты класса оксидоредуктаз и гидролаз. Активность каталазы определяли газометрическим методом в модификации Ю.В. Круглова и Л.Н. Пароменской [2]. Полифенолоксидазную активность определяли по методу Л.А. Корягиной и Н.А. Михайловой [3], инвертазную активность – по методу Т.А. Щербаковой [4]. В отобранных образцах торфа были проведены также следующие анализы: ботанический состав и степень разложения [5]. В лаборатории аналитических исследований СибНИИСХиТ СО РАСХН, определяли рН [6], зольность [7], подвижные формы азота, фосфора, калия [8-10]. Исследования проводились при комнатной температуре (20-24 °С). Повторность опыта трехкратная, длительность опыта 24 - 36 суток.

Результаты исследований

Для эксперимента были отобраны торфа с высокой степенью разложения. Торфа верхового и переходного типов характеризуются низкой зольностью и высокой кислотностью (3.86–4.27).

Содержание аммонийного азота меньше в 3-5 раз и фосфора в 100-150 раз меньше по сравнению с группой низинного типа торфов с нейтральной реакцией среды (табл. 1). Низкое содержание подвижных элементов объясняется низким количеством элементов, содержащихся в растениях торфообразователях.

Активность каталазы в торфах изменяется в целом от 0.87 до 1.4 ед. Активность каталазы в значительной мере определяется значением величины pH. Известно, что оптимальный интервал pH активности каталазы лежит в пределах нейтральной и слабощелочной реакции, тогда как кислая реакция среды ингибирует активность фермента (табл. 2). Активность инвертазы изучаемой группы торфов - 31.76-32.15 мг глюкозы за 4 ч. на 1 г торфа (далее единицы), что определяется одинаковой интенсивностью разрушения легкогидролизуемых соединений. Магелланикум-торф верхового типа характеризуется низкими показателями полифенолоксидазной активности и составляет 0.21 мг 1.4 п-бензохинона за 30 мин. на 1 г торфа (далее единицы). Это объясняется тем, что гумификация торфа происходит в условиях высокой обводненности (91 %), затрудненной аэрации. При данных условия активность полифенолоксидазы снижается, так как окисление фенолов может происходить только в присутствии кислорода воздуха [11].

Образцы низинного типа торфа характеризуются высокой степенью разложения и зольностью (см. табл. 1). Максимальной зольностью обладает гипновый низинный торф (63.33 %). Гипновый, осоковый (зольность 20.88 %), древесно-гипновый (зольность 23.93 %) и тростниковый (зольность 27.42 %) торфа имеют высокое содержание аммонийного азота и фосфора. Содержание P_2O_5 в исследуемых торфах изменяется в пределах от 458.6 до 2103.0 мг-экв./100 г. Наибольшее количество подвижного фосфора составляет 2103.0 мг-экв./100 г и максимальное содержание аммонийного азота 1107.0 мг-экв./100 г отмечается в гипновом низинном торфе.

Инвертазная активность торфов низинного типа имеет значения от 31.18 до 54.94 ед., что свидетельствует о большом содержании сахаров и близких к ним углеводов в неразложившихся остатках растительности (см. табл. 2). Высокой ферментативной активностью 54.94 ед. обладает древесно-гипновый торф. Торфа группы с нейтральной реакцией pH характеризуются высокой активностью полифенолоксидазы. Активность фермента изменяется от 0.72 ед. в древесно-гипновом до 0.94 ед. в гипновом торфах. Активность полифенолоксидазы определяется содержанием подвижных гумусовых веществ и может служить показателем интенсивности процессов гумификации [11].

Содержание аммонийного азота, нитратного азота, и подвижного фосфора в травяном и травяно-гипновом (образец № 7) видах тор-

Агрохимические и общетехнические свойства торфов

№ образцов	Вид, тип торфа; R, %; A, %	Глубина отбора образцов, см	Гидролитическая кислотность, мг-экв/100г	рН сол	Подвижные элементы, мг/100 г в. с.			
					N-NH ₄	N-NO ₃	P ₂ O ₅	K ₂ O
1	Магелланикум-торф, В; R 35; A 0.42	100-150	135.28	3.86	192.3	13.53	14.39	30.11
2	Осоковый, П; R 45; A 3.87	150-200	135.28	4.27	170.3	11.48	12.51	22.43
3	Травяной, Н; R 40; A 27.85	250-300	117.64	4.94	335.0	17.53	185.8	97.71
4	Травяной, Н; R 25; A 9.10	0-25	99.99	5.11	220.4	20.01	190.5	47.01
5	Травяной, Н; R 25; A 6.68	25-50	70.58	5.59	294.8	13.54	56.18	17.82
6	Травяной, Н; R 25; A 6.73	75-100	82.34	5.58	270.4	16.00	60.41	14.75
7	Травяно-гипновый, Н; R 25; A 6.95	125-150	41.17	5.22	335.0	7.89	75.08	11.67
8	Травяно-гипновый, Н; R 25; A 38.96	225-250	99.99	7.81	465.9	17.28	127.6	17.82
9	Гипновый, Н; R 55; A 63.33	50-100	29.41	7.56	1107.0	7.38	2103	23.97
10	Осоковый, Н; R 45; A 20.88	175-200	29.41	7.56	505.8	4.40	515.9	10.14
11	Древесно-гипновый, Н; R 55; A 23.93	200-250	29.41	7.69	572.9	5.17	586.8	17.82
12	Тростниковый, Н; R 65; A 27.42	250-300	35.29	7.62	311.9	3.89	458.6	36.26

Примечание: В – верховой тип торфа, П – переходный тип торфа, Н – низинный тип торфа, R – степень разложения, A – зольность.

Ферментативная активность торфа

№	Вид торфа	Инвертаза ¹	Каталаза ²	Полифенолоксидаза ³
1	Магелланикум-торф, В	32.15±0.034	0.67±0.001	0.21±0.006
2	Осоковый П	31.76±0.016	0.53±0.007	0.52±0.004
3	Травяной Н	33.84±0.053	0.84±0.002	0.86±0.004
4	Травяной Н	31.18±0.04	0.99±0.014	0.89±0.0061
5	Травяной Н	36.97±0.018	0.83±0.0145	0.81±0.0045
6	Травяной Н	34.16±0.019	1.16±0.02	0.74±0.0024
7	Травяно-гипновый Н	38.16±0.016	0.93±0.071	0.76±0.0015
8	Травяно-гипновый Н	36.47±0.020	1.20±0.042	0.69±0.0018
9	Гипновый Н	41.60±0.013	1.40±0.016	0.94±0.0042
10	Осоковый Н	32.44±0.021	1.03±0.02	0.81±0.0062
11	Древесно-гипновый Н	54.94±0.028	0.9±0.031	0.72±0.0033
12	Тростниковый, Н	38.46±0.012	0.87±0.006	0.77±0.0021

Примечание: 1) мг глюкозы за 4 ч на 1 г торфа; 2) мг O₂ за 2 мин. на 1 г торфа; 3) 1,4 п-бензохинона за 30 мин. на 1 г торфа.

фа не велико. Количество аммонийного азота изменяется в пределах 220.4-465.9 мг/100г, подвижного фосфора – от 56.18 до 190.5 мг/100г, нитратного азота – 7.89–20.01 мг/100г. Привлекает внимание травяной низинный образец торфа (зольность 27.85 %) с высокими значениями подвижных элементов аммонийного азота и фосфора. Инвертазная активность находится в пределах от 31.18 до 38.16 ед. Активность полифенолоксидазы изменяется от 0.69 ед. в травяно-гипновом (зольность 38.96 %) до 0.89 ед. в травяном (зольность 9.10 %). Следует отметить рост интенсивности процессов окисления и гумификации органических компонентов в ряду: травяно-гипновый (зольность 38.96 %) - травяной (зольность 6.73 %) - травяно-гипновый (зольность 6.95 %) - травяной (зольность 6.68 %) - травяной (зольность 9.10 %) - травяной (зольность 27.85 %). Низкая степень минерализации характерна для травяно-гипнового, травяного (зольность 6.73 %) и осокового переходного торфа.

Рассмотрим скорость минерализации органического вещества торфов. Наибольшей скоростью минерализации характеризуется гипновый, осоковый, травяной (зольность 9.10 %) и травяной (зольность 6.68 %) виды торфов. На 10-12 и 22 сутки наблюдалось увеличение ско-

рости минерализации в 2 раза. За период опытов максимальное значение CO_2 в низинных торфах достигало 38.58 мг диоксида углерода на 100 г почвы в сутки.

По величине накопления C-CO_2 в процессе минерализации в условиях модельного опыта низинные торфа располагаются в следующий ряд: гипновый > осоковый > древесно-гипновый > травяной (зольность 9.10 %) > тростниковый > травяной (зольность 6.68 %).

Кумулятивное накопление C-CO_2 в торфах. В результате по величине накопления C-CO_2 в процессе минерализации в условиях модельного опыта низинные торфа располагаются в следующий ряд: гипновый > травяной (зольность 9.1 %) > осоковый > травяной (зольность 6.68 %) > древесно-гипновый > тростниковый > травяно-гипновый (зольность 6.95 %) > травяной > травяно-гипновый (зольность 38.96 %) > травяной. За период опыта (36 суток) кумулятивное накопление CO_2 в низинных торфах достигало пределов 47.30-190.25 мг диоксида углерода на 100 г за весь период, в верховых торфах – 94.47 мг CO_2 на 100 г.

Заключение

Таким образом, динамика активности минерализации торфов неодинакова. В большей степени это относится к осоковому переходному и травяным низинным торфам (зольность 27.85 % и 6.73 % соответственно), скорость минерализации которых вообще невелика (1.59-7.57 мг C-CO_2 на 100 г/сутки), а периоды незначительного их увеличения и снижения не совпадают с общей закономерностью. Наибольшей скоростью минерализации из низинных видов торфа характеризуется гипновый низинный торф. Активность каталазы в торфах изменяется в от 0.87 до 1.4 ед. Инвертазная активность находится в пределах от 31.18 до 38.16 ед. Активность полифенолоксидазы изменяется от 0.69 ед. до 0.89 ед.

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

Литература

1. Иванникова Д.А. Способ определения кинетики минерализации органического вещества почвы // Патент: SU №1806375 АЗ. 1993.
2. Круглов Ю.В., Пароменская Л.Н. Модификация газометрического метода определения каталазной активности // Почвоведение. 1966. №1. С. 93-95.
3. Карягіна Л.А., Михайлоуская Н.А. Визначенне актыунасці поліфенолаксидазы і пераксидазы у глебе / Весцы. АН БССР. Серыя сельскагаспадаргных навук. 1986. №2. С. 40-41.

4. Щербакова Т.А. Ферментативная активность почв и трансформация органического вещества. Минск, 1983. 222 с. 5. ГОСТ 28245-89. Торф. Методы определения ботанического состава и степени разложения. Введ. 01.07.90. М., 1989. 9 с.
6. ГОСТ 11623-89. Торф и продукты его переработки для сельского хозяйства. Методы определения обменной и активной кислотности. Введ. 01.01.90. М., 1990. 5 с.
7. ГОСТ 11305-83. Торф. Методы определения зольности. Введ. 01.01.85. М., 1984. 6 с.
8. ГОСТ 27894.3-88-27894.4-88. Методы определения подвижных форм азота. Введ. 01.01.85. М., 1985. 6 с.
9. ГОСТ 27894.5-88. Методы определения подвижных форм фосфора. Введ. 01.01.88. М., 1988. 6 с.
10. ГОСТ 27894.6-88. Методы определения подвижных форм калия. Введ. 01.01.87. М., 1987. 7 с.
11. Савичева о.Г., Инишева Л.И. Биологическая активность торфов разного ботанического состава // Химия растительного сырья. 2003. №3. С. 41-50.

**Transformation of organic substance
of peats different botanical structure
E.S. Ivanova**

Different in botanical structure and physical-chemical properties peat forms in process of accumulation with different conditions of water and mineral nutrition; hence, they are characterized by different degree of biochemical stability of their organic matter. Based on experiments of kinetics of mineralization of different botanical structure peat kinetically curves were derived, according to which biochemical stability degree of peat and accumulation CO₂ were determined. Researches realized by method of absorption.

Использование методов ^{13}C -ЯМР–спектроскопии и хроматографии на гелях для изучения строения гуматов натрия и аммония

А.А. Ильина

Томский политехнический университет, г. Томск, ilanna1@yandex.ru

В данной работе представлены результаты по изучению строения гуматов натрия и аммония. В ходе исследований было показано, что гуматы натрия и аммония значительно отличаются по своему строению, но имеют в своем составе одинаковые углеводородные группы. Результаты показали, что гуматы натрия и аммония в образце торфа представлены полимерами близкой молекулярной массы. Гуматы натрия полидисперсны и высокомолекулярны в меньшей степени, чем гуматы аммония.

Важнейшей задачей научно-технического прогресса в начале третьего тысячелетия является вовлечение в переработку всех видов природного органического сырья с использованием новых технологий. Одним из наиболее серьезных сдерживающих факторов на пути решения этой задачи все чаще выступает дефицит знаний о строении вещества [1]. При разработке новых методологий и методик анализа большинства видов исходного природного органического сырья нельзя не учитывать их принципиальные особенности, такие как многокомпонентность, структурная и фазовая неоднородность, полидисперсность и др. Эти особенности обуславливают не только вариацию в широких пределах свойств объектов в зависимости от окружающих условий, но и существенно ограничивают применимость стандартных химических и физико-химических методов анализа. До недавнего времени основой нашего представления о структуре атомов и молекул служили исследования методом оптической спектроскопии. В связи с совершенствованием спектральных методов, продвинувших область спектроскопических измерений в диапазон сверхвысоких и высоких частот, появились новые источники информации о структуре вещества.

Количественная спектроскопия ^{13}C -ЯМР открывает широкие возможности идентификации и количественного определения структурных фрагментов ГК из природных источников органического сырья, которые необходимы для прогнозирования их свойств [2]. Разделение природных и синтетических полимеров на фракции различного молекулярного веса с помощью хроматографии на гелях является одним из наиболее эффективных методов их изучения [3]. Целью данной работы было сравнительное изучение строения гуматов натрия и аммония с использованием вышеописанных методов.

Методика исследований

Объектом исследований были гуматы, выделенные растворами 1 н NH_4OH , 1 н NaOH из осокового торфа Таганского торфяного месторождения Томской области, с ботаническим составом: осока - 70.0 %; хвощ - 5.0 %; вахта - 10.0 %; остатки - 15.0 % и степенью разложения 35 %. Исследование молекулярно-массового разделения (ММР) методом гель-хроматографии проводили на колонках, диаметром 1.5 и 1.3 см. Скорость выхода элюента из колонок составляла 17 и 15 мл/час соответственно. В опытах были использованы полимерные гели декстрана сефадекс G-75 и молселект Г-75, а в качестве элюентов - 1 н NH_4OH , 1 н NaOH , 7 М мочевины.

С целью получения дополнительной информации о содержании структурных фрагментов в составе гуматов были сняты ЯМР-спектры на приборе VXR-400 (Varian). Хорошее разрешение сигналов позволило сделать детальное их отнесение к определенным фрагментам структуры. Содержание различных типов углеродных атомов определяли интегрированием соответствующих спектральных областей.

Результаты исследований

Анализ гель-хроматографии показал, что разделение на фракции проходит лучше у гуматов аммония – кривые получаются более четкие. Из полученных данных также следует, что гуматы натрия и аммония в образце торфа представлены полимерами близкой молекулярной массы (рис. 1). Полученные размытые кривые с нечеткими пиками можно объяснить необратимой сорбцией части материала на частицах геля. Согласно [3] эта сорбция, малозаметная для фульвокислот и гуминовых кислот некоторых почв, значительно возрастает у препаратов, выделенных из торфа. При фракционировании на гелях различных классов органических соединений было отмечено, что наличие в них ароматических и гетероциклических структур, а также фенольных гидроксильных групп вызывает сильную сорбцию вещества матрицей геля. Гуминовые кислоты, содержащие подобные группировки в качестве структурных элементов, не являются исключением, и это обстоятельство может быть причиной серьезных осложнений при их разделении [3].

Исследование молекулярно-массового состава показало (рис. 1, 2), что самые низкие значения молекулярных масс наблюдались для гуматов аммония, тогда как для гуматов натрия эти значения будут больше. Это позволило предположить, что макромолекулы гуматов аммония имеют в своем составе менее трансформированные полисахаридные цепочки. Для них характерно преобладание низкомолекулярной фракции. В области низкомолекулярной фракции наблюдается проявление наибольшей диспер-

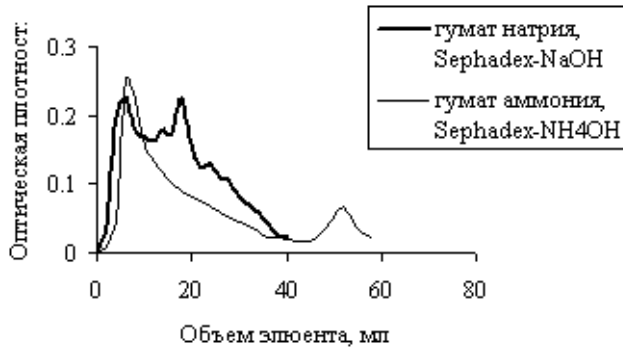


Рис.1. Кривые гель-фильтрации на Сефадексе G-75 глутаматов натрия и аммония.

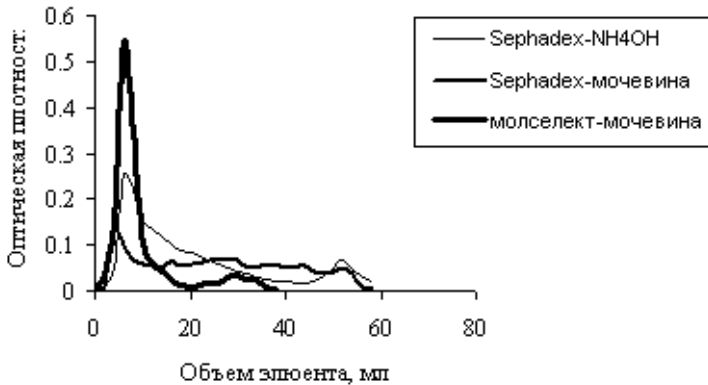


Рис. 2. Кривые гель-фильтрации глутамата аммония.

ности. Кривые молекулярно-массового распределения глутамата аммония имеют два ярко выраженных максимума и оба в низкомолекулярной области. Так как было показано, что метод молекулярного разделения глутамата аммония имеет более четкую кривую разделения, то дальнейшие исследования проводились с использованием молселекта, мочевины. Были проведены исследования в системах Sephadex - мочевина, молселект - мочевина и сравнены с полученными результатами Sephadex- NH_4OH . Кривая ММР Sephadex – мочевина получилась сильно размытой и отличается от других кривых (см. рис. 2) – пики выражены нечетко на протяжении всей кривой. Результаты с Sephadex - NH_4OH и молселект-мочевина почти идентичны - кривые получаются более четкими, пики почти совпадают и находятся в низкомолекулярной области, но есть и недостатки. В опыте с мочевиной

молселект, по-видимому, плохо уплотняется и испытуемый раствор очень быстро проходит через колонку – получается потеря данных. Вероятно, это можно объяснить разным размером пор геля и наличием по большей части крупных пор, через которые раствор быстро проходит, не успевая разделиться по молекулярным массам. Очевидно, что наилучшим вариантом проведения испытания является гель – хроматография Sephadex - NH₄OH. Именно этот вариант геля-хроматографии является более информативным и наглядным. Так, для гуматов натрия и аммония характерно преобладание низкомолекулярной фракции. Соотношение низко- и высокомолекулярных фракций составляет 3.75:1.

Фрагментный состав гуматов (по данным ¹³C-ЯМР-спектроскопии)

Содержание атомов углерода в структурных фрагментах (относит. интенсивности, % отн.)	Гуматы натрия	Содержание атомов углерода в структурных фрагментах (относит. интенсивности, % отн.)	Гуматы аммония
C=O, 220-200мд	5.9	C=O, -COOH, Схин, 198-155мд	22.4
С _{ар} O, 160-140мд	9.4	С _{ар} C, H, С _{ар} O, 155-114мд	20.8
С _{алк} O, 106-93мд	11.7	С _{алк} O, 114-91мд	12.0
С, -O-4, 93-66 мд	12.8	С, -O-4, 90-64 мд	15.2
С _{алк} O, CH ₃ O, 66-54 мд	8.6	С _{алк} O, CH ₃ O, 63-46 мд	8.9
С _{алк} , 54 –0 мд	22.9	С _{алк} , 46–0 мд	20.8

По данным ЯМР-спектроскопии можно определить наличие функциональных групп и их процентное соотношение для каждого из исследуемых образцов. Спектроскопия ЯМР имеет на сегодняшний день наиболее богатый и успешный опыт установления как химической структуры индивидуальных органических соединений природного и синтетического происхождения, так и деталей их электронного и пространственного строения. Анализ ¹³C-ЯМР-спектроскопии показал наличие в гуматах алифатических и ароматических углеродных атомов, связанных с кислородом и представляющих разнообразные функциональные группы – гидроксильные, карбоксильные, фенольные, спиртовые, углеводные. Как показывают исследования, в структуру гуматов аммония осуществляется больший вклад ароматических фрагментов при одновременном снижении доли углеводной периферии и что полученные гуматы имеют сходные структуры (табл.). В составе выделенных гуматов аммония наиболее существенно

изменяется количество алкильных фрагментов относительно конденсированных ароматических структур.

Заключение

Проведенные исследования показали, что гуматы натрия полидисперсны и высокомолекулярны в меньшей степени, чем гуматы аммония. В результате исследований был подобран оптимальный элюент для хроматографии на гелях для гуматов аммония – 1 н NH_4OH и полидекстран - Сефадекс G-75.

Выделенные препараты гуматов были охарактеризованы методами гель-хроматографии и ЯМР-спектроскопии. Исследование препаратов методом ^{13}C -ЯМР-спектроскопии показало, что вклад ароматических фрагментов в структуру гуматов аммония больше, чем в гуматы натрия. Так, в гуматах аммония наблюдалось максимальное содержание ароматического углерода (20.8 %) по сравнению с гуматами натрия (15.8 %). Гуматы натрия и аммония имеют в своем составе одинаковые углеродные группы, но разное количество. Это позволяет предположить, что они имеют и схожие структуры.

Литература

1. Попов А.И. Гуминовые вещества: свойства, строение, образовании, СПб., 2004. 248с.
2. Ионин Б.И., Ершов Б.А., Кольцов А.И. ЯМР-спектроскопия в органической химии, Л., 1983. 272 с.
3. Хроматографический анализ окружающей среды. Пер. с англ. / Под ред. В.Г. Березкина. М., 1979. 608 с.

Usage methods of ^{13}C - NMR-spectroscopy and chromatography with gel for study the humates of sodium and ammonia structure

А.А. Пыина

There are results of researching humates of sodium and ammonia in this work. During researching it was show that humates of sodium and ammonia are differing from each other in high degree but have the same hydrocarbon groups. Results show that humates of sodium and ammonia in a sample of peat present by polymers with close molecular weight. Humates of sodium are polydispersion and high-molecular in low degree than humates of ammonia.

Влияние палеогидрологического режима болота в междуречье Кас-Сым на сукцессии растительности и аккумуляцию торфа

Л.В. Карпенко

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

Детальный анализ стратиграфии торфяной залежи болотного массива в междуречье Кас-Сым (крупные левые притоки Енисея) позволил реконструировать динамику смен растительности и гидрологический режим на протяжении более 7 тыс. лет. При помощи полученных и расчетных радиоуглеродных дат определена скорость аккумуляции торфа в различные периоды голоцена.

Для реконструкции природных условий прошлого и познания генезиса торфяно-болотных образований большое значение имеет исследование стратиграфии торфяной залежи и анализ динамики накопления торфа от начала образования болота до его современного состояния.

Методика исследований

Объектом исследований послужил болотный массив в междуречье Каса и Сыма – крупных левых притоков Енисея. Его географические координаты – 60°2'с.ш., 90°31'в.д. Слабо выпуклое олиготрофное грядово-мочажинное болото находится на первой надпойменной террасе сразу за уступом, отграничивающим бичевник Енисея. Оно вытянуто узкой полосой вдоль реки на протяжении 5 км. Мощность торфяной залежи в месте заложения разреза – 6.3 м, базальные слои торфа подстилаются оглеенным суглинком.

Отбор проб на ботанический анализ торфа производился сплошной колонкой через 10 см, на радиоуглеродный – через 50 см. Ботанический состав торфа проведен согласно [1]. Идентификация растительных остатков, образующих торф, а также видовое определение сфагновых и гипновых мхов осуществлялось при помощи различных атласов и определителей [2-4]. Латинские названия высших сосудистых растений даны по сводке С.К. Черепанова [5]. Классификация видов торфа и видов строения торфяных залежей приведены по Ю.В. Ерковой [6].

Определение абсолютного возраста торфяной залежи сделано в Финляндии, в университете г. Хельсинки, при содействии профессора К. Tolonen. Всего получено 10 абсолютных датировок со следующих глу-

бин: 6.3 м – 7150±120, 6.0 м – 6815±105, 5.5 м – 5980±80, 5.0 м – 5800±110, 4.0 м – 3920±120, 3.5 м – 3860±110, 3.0 м – 3030±100, 2.5 м – 2820±110, 2.0 м – 2620±80, 1.5 м – 2290±100 лет назад.

Количественная оценка гидрологического режима болота, начиная с ранних стадий его формирования и до современности, рассчитана по методу Г.А. Елиной и Т.К. Юрковской [7, 8].

Результаты исследований

Реконструкция палеорастительности и палеогидрологического режима. По данным радиоуглеродного анализа придонного слоя торфа (620–630 см), заболачивание исследованной территории началось в начале атлантического периода – 7150±120 лет назад (л.н.). В динамике развития болота по режиму увлажнения можно выделить три этапа. Первый пришелся на начало атлантического периода и продолжался 1350 лет (7150–5800 л.н.). Для него характерен переменный (средневлажный) гидрологический режим с варьированием индекса влажности от 3.7 в начале этапа до 6.9 – в конце. В растительном покрове болота доминировали гидрофильно-субпсихрофильные виды: *Calamagrostis langsdorffii* (Link), *Eriophorum vaginatum* L., *Equisetum palustre* L., *Menyanthes trifoliata* L., *Carex limosa* L.

Второй этап развития болотной растительности, который продолжался 2938 лет (5800–2820 л.н.), маркируется концом атлантического и большей частью суббореального периодов. Он характеризуется постоянно высокой увлажненностью болотного массива – индекс влажности варьирует от 5.3 до 6.9. В это время на болоте господствует гипергидрофильная растительность: *Scheuchzeria palustris* L., *Carex limosa* L. и мочажинные сфагновые мхи – *Sphagnum apiculatum* H. Lindb., *S. jensenii* H. Lindb., *S. riparium* Aoengstr. и др.

Третий этап продолжительностью 2820 лет (2820–0 л.н.) пришелся на конец суббореального и весь субатлантический период. Преобладающая величина индекса влажности 3.0–3.1 свидетельствует о существовании довольно продолжительное время сухих условий формирования гидроморфной растительности. Во время этого этапа на болоте доминировали гидрофильно-психрофильные сфагновые мхи: *Sphagnum fuscum* (Schmp.) Klinggr., *S. magellanicum* Brid., *S. rubellum* Wils., *S. majus* (Russ) C. Jens.

Сукцессионный ряд гидроморфной растительности от начала формирования болота и до настоящего времени включает 10 стадий смен, каждая из которых характеризуется определенным показателем индекса влажности (табл. 1).

Таблица 1

Динамика смен болотной растительности и ее связь
с гидрологическим режимом и региональным климатом в голоцене

Глубина торфа, см	Доминанты и содоминанты растительного покрова	Стадии	Индекс влажности	Возраст торфа по ^{14}C	Период	Средняя T° июля	Среднегодовое кол-во осадков, мм/год
0	Fuscum-Magellanicum	X	3	0	SA	17.8	565
10			3	208			
20			3	371			
30			3	534			
40			3	697			
50	Fuscum-Magellanicum-Jensenii	IX	3.4	860			
60			4.2	1023			
70			5.6	1186			
80	Fuscum-Magellanicum	VIII	3	1349			
90			3.1	1512			
100			3	1675			
110			3	1738			
120			3	1801			
130			3	1964			
140			3	2127			
150			3	2290±100		17.3	571
160			3	2356			
170			3	2422			
180			3.1	2488			
190	3.1	2554					
200	3.1	2620±80	17.5	554			
210			3	2660			
220			3	2700			
230			3.1	2740			

Продолжение таблицы 1

Динамика смен болотной растительности и ее связь
с гидрологическим режимом и региональным климатом в голоцене

Глубина торфа, см	Доминанты и содоминанты растительного покрова	Стадии	Индекс влажности	Возраст торфа по ^{14}C	Период	Средняя T° июля	Среднегодовое кол-во осадков, мм/год
240			3.1	2780		18	498
250			3.6	2820±110			
260	Fuscum-Magellanicum-	VII	5.6	2862			
270	Scheuchzeria-		5.7	2904			
280	Menyantches-		6.4	2946			
290	Drepanocladus		5.6	2988			
300			6.6	3030±100			
310	Scheuchzeria-	VI	6.4	3196	SB	18.4	556
320	Carex-Fuscum-		5.8	3362			
330	Magellanicum		6.3	3528			
340			6.5	3694			
350			6.5	3860±110			
360			6.5	3772			
370			6.5	3884			
380			6.5	3896			
390			6.6	3908			
400				6.5			
410	Scheuchzeria-Carex-	V	5.4	4108			
420	Betula		5.3	4296			
430			5.4	4484			
440			5.9	4672			
450			5.3	4860			
460	Scheuchzeria-Carex-		IV	6	5048		
470	Jensenii	6		5326			

Продолжение таблицы 1

Динамика смен болотной растительности и ее связь
с гидрологическим режимом и региональным климатом в голоцене

Глубина торфа, см	Доминанты и содоминанты растительного покрова	Стадии	Индекс влажности	Возраст торфа по ^{14}C	Период	Средняя T° июля	Среднегодовое кол-во осадков, мм/год
480			6	5424			
490			6.2	5612			
500	Scheuchzeria-Carex-	III	6.9	5800±110		18	486
510	Calamagrostis-Jensenii-		5.9	5836			
520	Betula		5.9	5872			
530			6	5908			
540	Betula-Eriophorum-	II	5.4	5944			
550	Carex-Equisetum-		4.9	5980±80		18	486
560	Eriophorum-Jensenii		5.2	6147	AT		
570			5.3	6314			
580			4.8	6481			
590			3.1	6648			
600			4.3	6815±105		15.1	471
610			5.2	6928			
620	Calamagrostis-Carex-	I	5.8	7039			
630	Equisetum-Betula		3.7	7150±120		17.4	497

Скорость аккумуляции торфа. Торфяная залежь болотного массива относится к смешанному типу, лесо-топяному и топяному подтипам. Она имеет трехслойное строение: нижняя часть (630-500 см) сложена низинными травяным и древесно-травяным торфами; средняя (500-260 см) образована переходными древесно-травяным, шейхцериевым и шейхцериево-сфагновым торфами; вышележащий слой (260-0 см) почти полностью сложен верховым фускум-торфом.

В различные периоды голоцена скорость аккумуляции торфа была неодинакова (табл. 2). Средняя скорость торфонакопления составляет 0.88 мм/год, однако по разрезу она значительно варьирует и на прирост 10 см торфа в различные временные отрезки голоцена в среднем требовалось разное количество лет. Так, например, между датами 3920-3860 л.н. – 12 лет, а между датами 5800-3920 л.н. – 188 лет.

Таблица 2

Типы и виды торфа и скорость его аккумуляции

Тип	Вид	Мощность торфа, см	Интервал между датировками, лет	Время накопления 10 см торфа, лет	Скорость аккумуляции торфа, мм/год
Верховой	Фускум	150	2290-0 (2290)	152	0.6
		50	2620-2290 (330)	66	1.5
		50	2820-2620 (200)	40	2.5
Переходный	Травяно-сфагновый	50	3030-2820 (210)	42	2.4
	Шейхцериевый	50	3860-3030 (830)	166	0.6
	Шейхцериевый	50	3920-3860 (60)	12	8.3
	Древесно-травяной	50		188	0.5
	Шейхцериевый	50	5800-3920 (1880)		
Низинный	Травяной	50	5980-5800 (180)	36	2.7
	Древесно-травяной	50	6815-5980 (835)	167	0.6
	Травяной	30	7150-6815(335)	112	0.9

Заключение

Таким образом, детальный анализ стратиграфии торфяного разреза, заложеного на болотном массиве на междуречье Кас-Сым показал, что гидрологический режим болота существенно влиял на динамику болотной растительности. В развитии болотной экосистемы отмечается три этапа: 1) во время 7150-5800 лет назад здесь существовал переменный гидрологический режим с преобладанием в растительном покрове гидрофильно-субпсихрофильных фитоценозов; 2) время 5800-2820 лет назад характери-

зуется постоянно высокой, по сравнению с современной, увлажненностью с господством в растительном покрове гипергидрофильных мезотрофных фитоценозов; 3) в последующее время гидрологический режим стал снижаться и стабилизировался на современном уровне около 2820 лет назад. За последний период увлажненность болотной экосистемы определялась преимущественно атмосферными осадками, что привело к очередной смене фитоценозов, с абсолютным доминированием в растительном покрове олигомезотрофных сфагновых мхов.

Скорость аккумуляции торфа, в зависимости от его вида, по разрезу сильно варьирует. Наибольшие приросты торфа отмечены в начальный период образования болота. В настоящее время скорость торфонакопления сократилась более чем в два раза.

Литература

1. ГОСТ 28245-89. Торф. Методы определения ботанического состава и степени разложения. Государственный комитет по стандартам. М., 1989. 9 с.
2. Домбровская А.В., Коренева М.М., Тюремнов С.Н. Атлас растительных остатков, встречаемых в торфе. М.-Л., 1959. 90 с.
3. Кац Н.Я., Кац С.В., Скобеева Е.И. Атлас растительных остатков в торфах. М., 1977. 371 с.
4. Савич-Любичкая Л.И., Смирнова З.Н. Определитель листостебельных мхов СССР. Л., 1970. 824 с.
5. Черепанов С.К. Сосудистые растения России и сопредельных государств. Санкт-Петербург, 1995. 990 с.
6. Торфяной фонд РСФСР. Сибирь. Дальний Восток. М., 1956. 297 с.
7. Елина Г.А., Юрковская Т.К. Методы определения палеогидрологического режима как основа объективизации причин сукцессий растительности болот // Ботан. журн., 1992. Т. 77. № 7. С. 120-124.
8. Елина Г.А., Филимонова Л.В., Кузнецов О.Л. и др. Влияние палеогидрологических факторов на динамику растительности болот и аккумуляцию торфа // Ботан. журн., 1994. Т. 79. № 1. С. 53-69.

Influence paleohydrological mode of bog in Kas-Sym watershed on succession vegetation and accumulation of peat

L.V. Karpenko

The detailed analysis stratigraphy a peat deposit of a marsh file on Kas-Sym watershed has allowed to reconstruct dynamics of changes of vegetation and a hydrological mode on an extent more than 7 thousand years. By means of the received and settlement radiocarbon dates speed of accumulation of peat during the various glocene period is determined.

Дрожжевое сообщество сфагновых мхов

А.В. Качалкин, А.М. Глушакова

Факультет почвоведения МГУ им. М.В. Ломоносова, г. Москва,
kachalkin_av@mail.ru

*Изучены численность и таксономический состав дрожжевых грибов, обитающих в дернине сфагновых мхов. Показано, что численность дрожжей на сфагнуме составляет от 102 до 104 КОЕ/г, что соответствует промежуточным значениям численности дрожжей в почвах и на сосудистых растениях. По сравнению с сосудистыми растениями в моховой дернине ниже численность типичных эпифитных пигментных дрожжей и выше доля педобионтных видов. Основное отличие – высокая численность и разнообразие неидентифицируемых видов базидиомицетовых дрожжей из клада *Microbotryum*. Среди последних выделены новые для науки виды. Особенности дрожжевого населения сфагновых мхов можно объяснить своеобразным химическим составом их выделений, влиянием биологически активных веществ, а также особым гидротермическим режимом моховой дернины.*

Дрожжевые грибы широко распространены в природных местообитаниях. Им принадлежит важная роль в преобразовании органического вещества на самых первых стадиях деструкции растительных остатков [1]. Изучение дрожжевых сообществ и анализ факторов, влияющих на их устойчивость и развитие, является одной из важнейших задач при изучении природных экосистем. Показано, что дрожжи особенно многочисленны на поверхности живых и отмирающих частей растений [1]. Изучению эпифитных дрожжей были посвящены многие работы. Было показано, что на разных видах сосудистых растений в среднем обитают одни и те же виды дрожжей [2]. В то же время, дрожжевое население споровых растений изучено очень поверхностно. К таким, в частности, относятся сфагновые мхи. Сфагновые мхи представляют собой своеобразное местообитание для микроорганизмов, благодаря особому строению, высокой способности накапливать влагу, наличию противомикробных веществ, образованию подушковидных дерновинок, которые могут выполнять буферную роль, обеспечивая постоянную температуру и влажность [3-6]. Настоящая работа посвящена исследованию особенностей дрожжевого населения сфагновых мхов.

Методика исследований

Образцы сфагнума были отобраны осенью 2005 года, из следующих пунктов: 1) в окрестностях пл. Донино Люберецкого района Московской области; растительные сообщества - сосняк зеленомошник и осоко-травя-

но-моховый березняк, почвы дерново-подзолистые и дерново-подзолистые торфяно-глебовые; 2) в Западнодвинском районе Тверской области, в сосняке андромедово-пушицево-сфагновом, на верховом торфянике; 3) в национальном парке Лосиный остров Москвы, в березняке травяно-моховом на торфяной болотной почве; 4) в окрестностях дер. Бурцево Шаховского района Московской области, в березняке травяно-моховом на торфяной болотной почве; 5) в Надымском районе Тюменской области в сосняке кустарничково-мохово-лишайниковом на торфянисто-подзолистой почве, на слоистых песчаных отложениях и на пушицево-осоково-сфагновом болоте.

Численность и таксономический состав дрожжей изучали методом посева на глюкозо-пептонно-дрожжевую среду по стандартной методике [1, 7]. Видовую идентификацию дрожжей производили с помощью набора стандартных морфологических и физиологических признаков по определителю [8]. Статистическую обработку полученных результатов проводили с использованием дисперсионного анализа и метода главных компонент [9].

Результаты исследований

Общая численность дрожжей во всех образцах моховой дернины изменялась в пределах 102–106 КОЕ/г, составляя в среднем 103 КОЕ/г. Полученные цифры показывают, что сфагновые мхи занимают среднее положение по численности между высшими сосудистыми растениями, где численность составляет 103–108 КОЕ/г, и численностью в почве, где редко превышает 103 КОЕ/г. Численность дрожжей на сфагнуме была выше в южных районах (Москва и Московская область) по сравнению с северными (Тюменская и Тверская области).

При этом на долю 17 видов (табл.) приходилось более 98 % от общей численности дрожжей. Наиболее многочисленными в моховых дернинах были *Candida oleophila*, *Cryptococcus albidus* и *Debaryomyces hansenii* – эврибионтные виды, обычные также и на листьях растений. В несколько меньшем обилии встречались типичные эпифитные баллистоспоровые дрожжи *Sporobolomyces roseus* и *Metschnikowia pulcherrima* – вид аскомицетовых дрожжей, обычно обитающий в нектаре цветков. Достаточно обычными были также *Cryptococcus podzolicus* и *Cryptococcus terricola* – виды широко распространенные в почвах и очень редко обнаруживаемые на сосудистых растениях.

Однако главная особенность видового состава дрожжевого сообщества сфагнума состояла в том, что большое количество обнаруженных видов оказалось невозможным определить до вида на основе имеющихся определителей, так как по набору морфологических и физиологических признаков они существенно отличались от обычных видов дрожжей, выделяемых с высших сосудистых растений и из почвы.

Виды дрожжей доминирующие на сфагнуме и на сосудистых растениях

Вид дрожжей	Сфагновые мхи	Сосудистые растения
Cryptococcus albidus	27.45	32.09
Candida oleophila	25.18	3.58
Не идентифицированные	11.84	0.00
Debaryomyces hansenii	6.22	5.63
Sporobolomyces roseus	5.84	3.44
Metschnikowia pulcherrima	4.56	1.10
Cryptococcus podzolicus	4.32	0.64
Rhodotorula glutinis	3.15	19.97
Cryptococcus terricola	2.65	1.18
Blastobotrys sp.	2.39	0.12
Metschnikowia reukaufii	1.63	1.38
Rhodotorula fujisanensis	0.77	0.91
Cryptococcus magnus	0.60	0.29
Leucosporidium sp.1	0.48	0.00
Saccharomyces paradoxus	0.45	0.48
Cryptococcus sp.5	0.38	0.00
Cryptococcus laurentii	0.34	7.85

Многие из этих видов можно отнести к кладе *Microbotryum*. При дальнейшем изучении среди них, возможно, будут обнаружены новые для науки виды. Другое отличие дрожжевого населения сфагновых мхов состояло в более низком обилии пигментных красноокрашенных дрожжей рода *Rhodotorula*, которые являются типичными обитателями листьев сосудистых растений, где их доля может достигать 25-40%.

Проведенный однофакторный дисперсионный анализ (тип растения – виды дрожжей), показал, что численность многих видов дрожжей, выделенных со сфагновых мхов, статистически отличается от данных по видам дрожжей и их обилию для высших сосудистых растений.

Для общего сравнения сфагновых мхов с сосудистыми растениями был произведен анализ главных компонент (рис.), главной целью которого является определение структуры взаимосвязей между переменными, т.е. классификация переменных. Результаты данного анализа показывают, что существуют сильные отличия в видовом составе и в численности дрожжей

для сосудистых растений, которые обладают высокой схожестью, и сфагновых мхов, которые очень сильно отличаются от них. Высокое отличие проявляется не только для сфагновых, но и для других зеленых мхов.

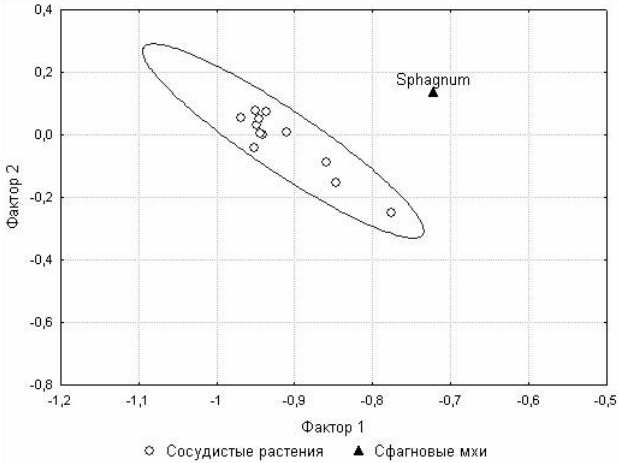


Рис. Результаты анализа главных компонент.

Причину этих существенных различий можно объяснить тем, что мхи, в частности сфагновые, и сосудистые растения - филогенетически далекие группы. Могут быть различия в химизме растений, выделение биологически активных веществ в окружающую среду в ходе метаболизма или при отмирании. Для проверки этого предположения нами были проведены исследования по действию вытяжек из сфагнума на некоторые дрожжевые грибы. Они показали, что для таких видов как *Debaryomyces hansenii*, *Cryptococcus albidus*, *Rhodotorula mucilaginosa*, *Candida paludigena*, проявляется четкая чувствительность к вытяжкам, т.е. проявляли чувствительность те виды, которые не выделяются со сфагнума или их количество там минимально. Для *Cryptococcus albidus* наблюдались сильные штаммовые различия.

Другое объяснение существенных различий можно найти в том, что многие мхи образуют дернину с определенным гидротермическим режимом и достаточно постоянными условиями. В кладе Microbotryum известно много психрофилов. Телеоморфы многих микроботриевых классифицируются в роде *Leucosporidium*, многие виды которого являются психрофилами и часто выделяются из природных местообитаний со стабильной пониженной температурой.

Литература

1. Бабьева И.П., Чернов И.Ю. Биология дрожжей. М., 2005, 221 с.
2. Глушакова А.М. Экология эпифитных дрожжей. Дисс. на соискание уч. степени канд. биол. наук. М., 2006, 146 с.
3. Егоров Н.С. Основы учения об антибиотиках. М., 2004, 512 с.
4. Запрометов М.Н. Фенольные соединения: распространение метаболизм и функции в растениях. М., 1993, 245 с.
5. Савич-Любицкая Л.И., Смирнова З.Н. Определитель листостебельных мхов СССР. Верхоплодные мхи. Л., 1970, 826 с.
6. Юдина Н.В., Писарева С.И., Саратиков А.С. Противоязвенная активность фенольных соединений торфа // Химия растительного сырья. 1998. № 4. С. 29–32.
7. Звягинцев Д.Г. Методы почвенной микробиологии и биохимии. М., 1991, С. 303.
8. Kurzman С.P., Fell J.W. (Eds.) The Yeasts, a taxonomic study. Fourth revised and enlarged edition. Amsterdam: Elsevier Science B.V., 1998. 1055 p.
9. Мэгарран Э. Экологическое разнообразие и его измерение. М, 1992. 184 с.

Yeasts communities on Sphagnum mosses

A.V. Kachalkin, A.M. Glushakova

The quantity and taxonomy structure of the yeasts on sphagnum mosses are investigated. It is shown, that quantity of yeast on sphagnum makes from 10² up to 10⁴ CFU/g, that corresponds to intermediate values of number of yeast in soils and on vascular plants. Typical epiphytes pigmentary yeasts is lower then vascular plants and the share of soil species is higher. The basic difference - high number and a variety of not identified species from clade Microbotryum. Among the last are discovered new to a science species. Feature of the yeasty population of sphagnum mosses can explain of chemistry content of plants, influence of biologically active substances and that mosses form pillows with the certain constant hydrothermal mode.

Некоторые параметры круговорота углерода в экосистеме рьяма лесостепной зоны Западной Сибири

Н.Г. Коронатова¹, Н.П. Косых¹, С. Цобель², Э.Р. Пели², Я.Д. Надь²

¹Институт почвоведения и агрохимии СО РАН, Новосибирск, Россия,
koronatova@issa.nsc.ru,

²Университет Святого Иштвана, Гёдёллэ, Венгрия

*Изучались некоторые параметры биологического круговорота углерода в экосистеме рьяма, расположенного в лесостепной зоне Западной Сибири. Было установлено, что запас живой надземной и подземной (глубиной до 30 см) фитомассы составляет 1772 г/м², запас мортмассы – 5173 г/м², чистая первичная продукция – 519 г/м² в год. Поглощение углекислого газа на площадках составляет от 177 до 704 мг СО₂/м² в час в зависимости от принадлежности растений к функциональным группам и нарушенности исследуемого участка пожаром. Скорость поглощения углекислого газа уменьшается в ряду кустарнички – сфагновые мхи – зеленые мхи (*Polytrichum strictum*). Значение первичной продукции уменьшается в ряду кустарнички – сфагновые мхи – деревья – травы. Запас фотосинтезирующей фитомассы сфагновых мхов и кустарничков различались незначительно.*

В Западно-Сибирской лесостепи наиболее распространены эвтрофные низинные болота; сосновые рьямовые болотные сообщества немногочисленны, а их происхождение неясно. Поскольку данная зона является крайним пределом распространения верховых болот, рьямы не являются типичными представителями ландшафта, и исследователи уделяют им мало внимания. В то же время торфяная залежь рьяма скрывает в себе историю заболачивания и формирования растительного покрова региона на протяжении последних тысячелетий. Изучение экологических свойств лесостепных рьямов позволяет установить параметры функционирования верховых болот в экстремальных условиях недостаточного увлажнения и повсеместного засоления, и сравнить их с подобными болотами в оптимальных условиях существования, то есть с таежными болотами. На одном из таких рьямов изучались некоторые параметры круговорота углерода: продуктивность и поглощение углекислого газа растительным покровом.

Методика исследований

Рослый рям расположен в районе поселка Кожурла Новосибирской области (55°25' с.ш. 79°04' в.д.). Рям является частично горелым. Глубина торфа в его центральной части достигает 3.5 м. Глубина стояния болотных вод составляет 63 см.

В конце августа 2006 г. в центральной части рьяма проводилась работа по определению надземных и подземных запасов растительного вещества, чистой первичной продукции (NPP) и мортмассы. Методы, применяемые в работе, являются стандартными и не раз описывались в литературе [1-6]. Для определения запаса надземной фитомассы растительное вещество собиралось с площадок размером 25 x 25 см. Для определения запаса подземной фитомассы отбирались монолиты 1 дм³ по слоям до глубины 30 см. Растительное вещество разбиралось по фракциям в соответствии с возрастом, видовой принадлежностью и функциональным особенностям.

Определение параметров продуктивности соснового подроста проводилось методом модельных деревьев [7]. На учетных площадках размером 10 x 10 м² измерялись высота и диаметр всех деревьев. После этого отбирались модельные особи, у крупных деревьев (более 1.5 м высотой) отбирались модельные ветви. Модельные экземпляры разбирались по фракциям в соответствии с возрастом и функциональными особенностями. Для оценки продуктивности всего соснового подроста на данном участке были построены степенные уравнения зависимости разных фракций фитомассы от диаметра ствола или высоты деревьев. Вклад в запас фитомассы и продукцию редкостойных шестидесятилетних сосен не был учтен.

Непосредственные комплексные измерения потоков углекислого газа, скорости испарения и проводимости, осуществлялись параллельно с микрометеорологическими значениями, такими как температура воздуха, фотосинтетически активная радиация (ФАР) и относительная влажность. Эти измерения были выполнены с использованием портативного инфракрасного газового анализатора (IRGA), работающего как открытая система (CIRAS-2, PP Systems, Hitchin, Великобритания), и круглой прозрачной камеры, не пропускающей ультрафиолет В, с диаметром 30 см [8]. Воздух удалялся из камеры двумя внешними вентиляторами с постоянной скоростью потока 2.11 м/с.

Результаты исследований

В центральной части фитоценоз экосистемы рьяма представлен сосново-кустарничково-сфагновым сообществом. Среди сфагнов доминирует *Sphagnum fuscum* (Schimp.) Klinggr., обильны *Sph. angustifolium* (Russ. ex

Russ.) *C. Jens.* и *Sph. capillifolium (Ehrh.) Hedw.*, редко встречаются *Sphagnum magellanicum Brid.*, зеленые мхи. В надземном ярусе доминируют *Ledum palustre L.*, с проективным покрытием 50%, *Chamaedaphne calyculata (L.) Moench* занимает 40 % площади, *Oxycoccus microcarpus Turcz. ex Rupr.* – 10 %, встречается *Rubus chamaemorus L.* В древесном ярусе господствуют сосны (*Pinus sylvestris L.*), насчитывающие 740 тыс. на га, и молодые березы (*Betula pendula Roth*), численностью 40 тыс. на га; сухостой достигает численности 60 тыс. на га. Возрастные категории представлены 2-5, 10-15 и 60-летними соснами, средняя высота 35 см, 1.5 м и 10-15 м соответственно. Средний возраст берез 20 лет, высота - 3-5 м.

В таблице 1 приведены данные о запасах растительного вещества и чистой первичной продукции в экосистеме яря. Основной вклад в сложение живой фитомассы принадлежит мхам и кустарничкам, что типично для болотных экосистем на повышенных элементах рельефа. Доля деревьев в надземной живой фитомассе составляет 22 %, трав – 3 %. Состав мортмассы различен в надземной и подземной сферах: более 80 % надземной мортмассы формируется за счет деревьев, а основной вклад в состав подземной мортмассы принадлежит мхам.

Особенностью данного яря является то, что с глубиной запас живых корней увеличивается (см. табл. 1). Возможно, более благоприятные климатические условия в рямах лесостепной зоны и более низкое залегание болотных вод способствуют более глубокому проникновению подземных органов растений, и большей толщине деятельного слоя, который не ограничивается тридцатью сантиметрами, как в болотах таежной зоны. Однако этот вопрос требует дальнейшего изучения.

Значение чистой первичной продукции экосистемы яря достигает 519 г/м² в год с максимумом в слое 20-30 см. Чистая надземная продукция кустарничков составила 125 г/м² в год, продукция сфагновых мхов – 84 г/м² в год.

По сравнению с рямами средней и южной тайги [3, 4] на изученном яря запас мортмассы, всего растительного вещества и первичной продукции снижается, а запас фотосинтезирующей фитомассы кустарничков увеличивается (см. табл. 1).

Наименьшая фотосинтетическая активность наблюдалась на участке с доминированием *Polytrichum strictum*, на участках с доминированием разных видов сфагнов способность поглощать CO₂ была выше (табл. 2). Независимо от состава видов - доминантов на микроучастках была обнаружена положительная корреляция между фотосинтетической активностью и ФАР. Однако, корреляция между видовым богатством (числом видов), разнообразием и поглощением CO₂ на данных микроучастках отсутствовала. Небольшое количество подстилки не

Таблица 1

*Запасы надземного и подземного растительного вещества ($г/м^2$)
и чистая первичная продукция ($г/м^2$ в год) на ряме*

Параметры	Надземный ярус	Подземный ярус, см:		
		0-10	10-20	20-30
Фотосинтезирующая фитомасса:				
мхов	0	154.5	0	0
трав	11.5	0	0	0
кустарничков	132.0	0	0	0
деревьев	29.4	0	0	0
Нефотосинтезирующая фитомасса:				
мхов	0	199.0	0	0
трав	0	0	6.7	89.4
кустарничков	119.5	99.2	233.4	562.7
деревьев	45.8	7.8	26.3	55.0
Запас всей живой фитомассы	338.2	460.5	266.4	707.1
Запас мортмассы	459.5	118.3	995.3	3599.4
Чистая первичная продукция	128.7	106.0	86.8	197.4

влияло сколько-нибудь значительно на фотосинтетическую активность, тогда как голая почва, возникшая после пожара, значительно уменьшила поглощение углерода растительностью из-за увеличенной скорости дыхания почвы. Сравнение главных функциональных групп, таких как кустарнички, зеленые мхи, сфагновые мхи, показывает, что кустарнички, имея значительную фотосинтетическую активность листовой поверхности и фотосинтетические пигменты, имеют более высокий потенциал поглощения CO_2 , чем разные виды сфагнов, в расчете на единицу поверхности земли.

Скорость суммарного испарения и температуры воздуха были сходны на каждом микроучастке в ходе проведения измерений, варьируя лишь в небольшом интервале (см. табл. 2).

Заключение

Изучение параметров продуктивности растительного покрова экосистемы лесостепного рьяма показало, что значения запаса растительного вещества и первичной продукции снижаются по сравнению с рямами

Таблица 2

Значения скорости поглощения углекислого газа, ФАР, температуры воздуха и транспирации на микроучастках ряма с разным видовым составом и проективным покрытием растительного покрова

Проективное покрытие видов на микроучастках, %	Поглощение углекислого газа, мг CO ₂ /м ² в час	ФАР	Температура воздуха, °С	Транспирация, ммоль Н ₂ О/м ² в сек.
Polytrichum strictum (62) Vaccinium vitis-idaea (15) Ledum palustre (8) Rubus chamaemorus (0,2) открытая земля (8) подстилка (7)	177.134±406.231	376±46	16.3±0.4	1.083±0.238
Sphagnum capillifolium (62) Sphagnum fuscum (15) Vaccinium vitis-idaea (7) Ledum palustre (12) Chamaedaphne calyculata (2) подстилка (2)	288.954±126.270	393±132	18.2±1.7	0.721±0.310
Sphagnum magellanicum (50) Sphagnum angustifolium (50)	434.139±599.624	696±125	19.8±0.9	1.130±0.371
Sphagnum angustifolium (70) Sphagnum fuscum (2) Chamaedaphne calyculata (8) Rubus chamaemorus (3) Ledum palustre (15) Vac. Охyc.(2)	389.907±430.109	305±177	17.9±0.7	0.984±0.729
Sphagnum fuscum (52) Ledum palustre (25) Polytrichum strictum (7) Chamaedaphne calyculata (6) Rubus chamaemorus (2) Охycoccus microcarpus(5) подстилка (3)	703.871±374.393	511±206	18.9±1.2	1.010±0.482
Sphagnum angustifolium (76) Ledum palustre (6) Vaccinium vitis-idaea (4) Chamaedaphne calyculata (10) Eriophorum vaginatum (0,1) Охycoccus microcarpus (2) подстилка (2)	450.768±304.475	307±95	19.7±0.6	1.216±0.658

средней и южной тайги. Рям в лесо-степи отличается от таежных рямов в распределении подземного растительного вещества по слоям: запас фитомассы и первичная продукция возрастают в слое 20-30 см.

При оценке скорости поглощения углекислого газа растительным покровом имеют значение принадлежность растений к функциональным группам и обнажение поверхности почвы в результате пожара. Скорость поглощения CO_2 уменьшается в ряду: кустарнички – сфагновые мхи – зеленые мхи (*Polytrichum*). При этом запас фотосинтезирующей фитомассы имеет сходное значение для кустарничков и сфагнов, а надземная первичная продукция у кустарничков выше, чем у сфагнов в 1.5 раза. На открытых послепожарных участках увеличивается интенсивность дыхания почвы, что вызывает уменьшение поглощения CO_2 .

Работа выполнена в рамках Протокола о научном сотрудничестве между Российской и Венгерской академиями наук на 2005-2007 гг. (тема 39).

Литература

1. Андрешкина Н.И., Горчаковский П.Л. Продуктивность кустарниковых, кустарничковых и травяных сообществ лесотундры и методика ее оценки. // Экология. 1972. № 3. С. 5-12.
2. Косых Н.П. К методике определения линейного прироста и продукции сфагновых мхов на мезо-олиготрофных болотах Западной Сибири // Болота и заболоченные леса в свете задач устойчивого природопользования. М., 1999. С. 121-122.
3. Косых Н.П. Болотные экосистемы таежной зоны Западной Сибири: фитомасса и продукция. Автореф. дисс. ... канд. биол. наук. Томск, 2003. 24 с.
4. Косых Н.П., Миронычева-Токарева Н.П., Блейтен В. Продуктивность болот южной тайги Западной Сибири // Вестник Томского Университета. Сер. Биологические науки. Приложение № 7. Томск, 2003. С. 142-152.
5. Мульдьяров Е.Я., Лапшина Е.Д. Датировка верхних слоев торфяной залежи, используемой для изучения космических аэрозолей // Метеоритные и метеорные исследования. Новосибирск, 1983. С. 75-84.
6. Родин Л.Е., Ремезов Н.П., Базилевич Н.И. Методические указания к изучению динамики и биологического круговорота в фитоценозах. Л., 1968. 144 с.
7. Молчанов А.А., Смирнов В.В. Методика изучения прироста древесных растений. М., 1967. 100 с.
8. Czybel Sz., Balogh J., Fyti Sz., Pýli E.R., Szerdahelyi T., Szirmai O., Nagy Z., Tuba Z. Long-term effects of irrigation and fertilization on stand

CO₂ fluxes and soil biochemical processes in a Hungarian loess grassland / Proceedings of the III. Alps-Adria Scientific Workshop. Dubrovnik, Croatia, March 2004. P. 130-134.

Some parameters of C turnover in ryam ecosystem in forest-steppe zone of Western Siberia

N.G. Koronatova, N.P. Kosykh, Sz. Czybel, E.R. Püli, J.G. Nagy

Some parameters of carbon biological turnover in ryam ecosystem located in a forest-steppe zone of Western Siberia were studied. Standing crop of living aboveground and belowground phytomass (depth up to 30 sm) reached 1772 g/m², a stock of dead plant matter – 5173 g/m², net primary production – 519 g/m² a year. Carbon dioxide uptake in the plots varied from 177 to 704 mg of CO₂/m² an hour depending on functional groups of plants and disturbance of a plot by a fire. Rate of carbon dioxide uptake decreased in the series: dwarf shrubs - Sphagnum mosses – green mosses (*Polytrichum strictum*). Value of primary production decreased in the series: dwarf shrubs - Sphagnum mosses – trees – grasses. Standing crop of photosynthesizing phytomass of Sphagnum mosses and dwarf shrubs did not differ significantly.

Бактериальные комплексы торфяных почв в условиях криогенеза

О.С. Кухаренко, Т.Г. Добровольская, А.В. Головченко, Г.В. Матышак
Факультет почвоведения МГУ им. М.В. Ломоносова, г. Москва,
soilbac@soil.msu.ru

Численность бактерий в исследованных криогенных торфянистых почвах, определенная прямым люминесцентным методом, измеряется теми же величинами (10⁸ -10¹⁰ кл/г), что и в почвах более южных регионов. Количество бактерий, выявляемое методом посева, на два порядка ниже, чем в торфяных почвах таежной зоны. Бактериальные сообщества исследуемых почв характеризуются низким разнообразием и монодоминантной структурой. Снижение температуры культивирования от комнатной до 5-8°C не привело к уменьшению численности бактерий и изменению их таксономического состава, что свидетельствует об адаптации бактерий к низким температурам в криогенных почвах. В исследованных почвах обнаружено 7 видов бацилл, набор которых определяется их способностью к росту при низких температурах.

Изучению микробных комплексов в торфяных почвах Западной Сибири, где сосредоточены огромные запасы торфа, посвящено небольшое количество работ. В публикациях микробиологов последних лет [1, 2] содержатся сведения о численности и таксономическом составе бактериальных комплексов в торфяных почвах таежной зоны Западной Сибири. Показано, что запасы микробной биомассы во всем многометровом профиле торфяников составляют десятки и сотни т/га. В торфяных почвах обнаружены бактерии разных физиологических групп - нитрификаторы, денитрификаторы, целлюлозоразрушающие, маслянокислые бактерии. Значительную долю в бактериальном комплексе этих почв занимают грамтрицательные бактерии.

Торфяные почвы, расположенные на севере Западной Сибири, в зоне тундры и лесотундры, привлекают особое внимание почвоведов в связи с возможностью проследить эволюцию почв, подвергшихся влиянию криогенеза [3, 4]. Эти почвы являются преимущественно реликтовыми, нарастание торфа в них не происходит. Торф подвергается разрушению в вертикальном и горизонтальном направлениях. На небольшой глубине почва скована вечной мерзлотой, которая является водоупорным горизонтом. Своеобразный элемент ландшафта для лесотундры и тундры – бугристые торфяники. Они характеризуются наличием в торфяной залежи вечно мерзлого ледяного или минерального ядра различных размеров. Таким образом, эти специфические почвы представляют особый интерес для микробиологов, так как позволяют оценить влияние температуры на структурно-функциональную организацию микробных комплексов в криогенных гидроморфных почвах.

Методика исследований

Район исследований - север Западной Сибири, Тюменская область, Надымский район. Образцы почв были отобраны со следующих участков:

1) подзона северной тайги. Фитоценоз: сосняк багульниково-зеленомошниковый (с листовницей). Почва торфянисто-подзолистая перегнойно-глеевая на песчаных отложениях (материнская порода на глубине 150 см). Почвенный профиль: O-T1-E-B1fe-B2fe-BCfe,g-C. pH водн. от 4.6 до 5.0. Колебания температуры в течение суток составляют 8-15°C (на глубине 5 см), 9-10°C (10 см), 9-10°C (20 см);

2) подзона лесотундры. Ерниково-лишайниковый фитоценоз. Плоскобугристый торфяник. Почва торфянисто-глеевая песчаная на песчаных слоистых отложениях (с 75 см мерзлота). Почвенный профиль: O-T1-T2-B1-BCg (ниже мерзлота). pH водн. от 4.3 до 5.3. Колебания температуры в течение суток составляют 5-10°C (5 см), 5-6°C (10 см), 2-4°C (20 см), 1°C (50 см);

3) подзона лесотундры. Деградирующий торфяник. На его поверхности растительность отсутствует, наблюдаются остатки мха. Почва остаточной торфяная. Почвенный профиль: T0-T1-T2-T3-T4-T5-T6 (мерзл.). Колебания температуры в течение суток - 13-16°C (5 см), 8-10°C (20 см), 6-8°C (30 см), 2-5°C (50 см). В нижней части профиля присутствует мерзлота (70 см). рН от 3.8 до 4.4.

Образцы почв были отобраны в августе 2005 года. Субстраты анализировались в пространственно-сукцессионном ряду: живые части растений (листья, стебли) – их отмирающие части (очес) – почвенные горизонты. Навески образцов (1 г) переносили в колбы со 100 мл 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 [5]. 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 8-10°C. Подсчитывали суммарное число колоний, выросших на данной среде. Полученную величину использовали для определения общей численности бактерий, которую выражали количеством колониобразующих 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. При определении факультативно анаэробных бактерий родов *Aeromonas* и *Klebsiella* использовались «Диагностические системы» (набор готовых химических препаратов для проведения теста по использованию разных субстратов).

Результаты исследований

Численность бактерий во всех исследованных типах почв, выявленная прямым люминесцентным методом, колебалась в пределах 109-1010 КОЕ/г. При этом наблюдали довольно равномерное распределение бактерий по профилю почв с максимальной их концентрацией в сфагнуме. В целом, эти показатели оказались практически равными результатам прямого определения количества бактерий в торфяниках таежной зоны, т.е. более южных регионов. Численность бактерий в исследуемых торфянистых почвах лесотундры и тундры, полученная методом посева, изменялась в диапазоне 104-106 КОЕ/г. При этом в торфянисто-подзо-

листой и торфянисто-глеевой почве происходило постепенное снижение численности при переходе от мохового покрова к торфянистым горизонтам. В остаточной торфяной почве наблюдали резкий подъем количества бактерий (на 2 порядка) в нижней части профиля в надмерзлотном горизонте. Этот факт согласуется с данными других исследователей [6, 7], объясняющих это явление вымыванием как органических веществ, так и микроорганизмов, при весеннем снеготаянии из верхних горизонтов и сохранением там микроорганизмов в жизнеспособном состоянии благодаря низким температурам.

Снижение температуры культивирования от комнатной до 8-10°C не привело к уменьшению количества бактерий, учитываемых при посеве из торфянисто-подзолистой почвы. При этом в образцах лишайника, отобранных с поверхности этой почвы, плотность бактериальных популяций, выращенных при пониженной температуре, оказалась даже выше, чем при комнатной (рис. 1). Это свидетельствует о том, что большинство бактерий, обитающих в торфяниках, подверженных влиянию криогенеза, являются психротолерантными. В целом, во всех исследованных торфянистых почвах численность бактерий, определенная методом посева, оказалась на порядок ниже, чем в торфянистых почвах таежной зоны.

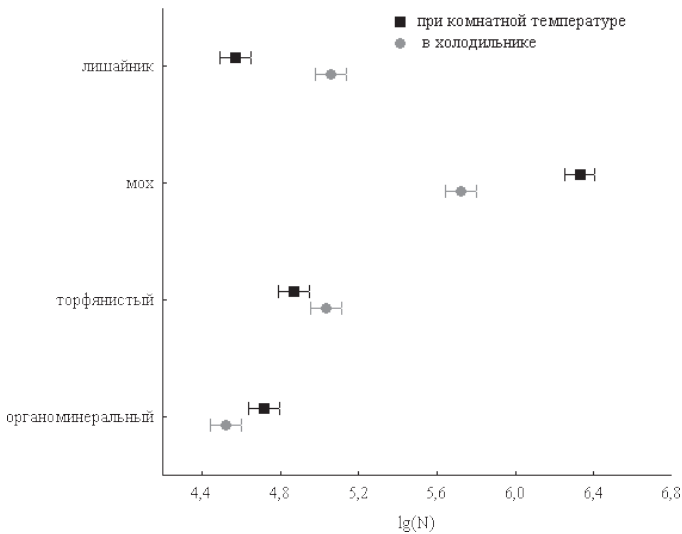
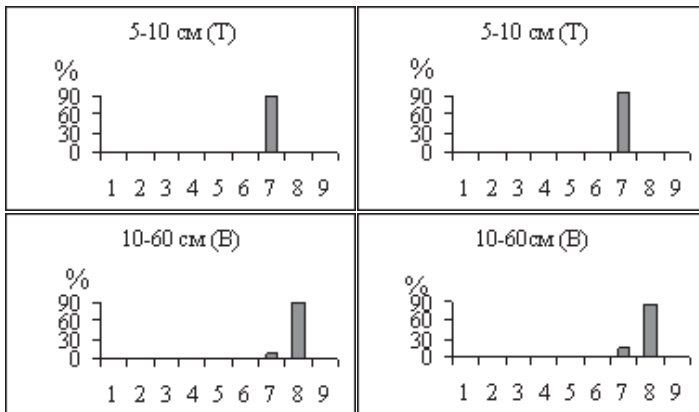


Рис. 1. Численность бактерий в торфянисто-подзолистой почве при разных температурах.

По составу бактериальных сообществ и спектру доминантов исследованные торфянистые почвы практически не отличались друг от друга. Так, в торфянисто-подзолистой почве в слое 5-10 см преобладали, как и в сфагнуме, бациллы (более 90 %). В слое 10-60 см основным доминантом становятся бактерии рода *Arthrobacter*. При этом, понижение температуры культивирования до 8-10°C не повлияло на таксономическую структуру бактериального сообщества в этой почве (рис. 2). В бактериальной структуре остаточного торфяной почвы в верхних горизонтах доминировали спириллы (род *Aquaspirillum*). В нижнем надмерзлотном горизонте обнаруживался только *Arthrobacter*. Таким образом все бактериальные сообщества исследованных почв имеют монодоминантную структуру. Это следствие экстремальности условий, в которых происходит почвообразование. Наиболее приспособленными к ним оказались бациллы, спириллы и артробактер. Именно они доминируют в данных почвах. Бактерии рода *Aquaspirillum* являются устойчивыми к низким температурам, низким значениям pH, поэтому не удивительно, что они доминируют в сфагнуме. В исследованных ранее торфяных почвах Тульской области при низких температурах росли только спириллы [8]. Присутствие артробактера, типичного педобионта, также не удивительно. Известна способность бактерий этого рода расти при низких температурах и в олиготрофных местобитаниях. Доминирование артробактера в бактериальных сообществах северных почвах ранее уже отмечалось другими исследователями [6].



При комнатной температуре (20-25°C) В холодильнике (8-10°C)

Рис. 2. Таксономический состав бактерий в торфянисто-подзолистой почве при разных температурах.

Принято считать, что бациллы склонны к термофилии, однако среди них существуют и психротолерантные виды. Из исследованных почв нами было выделено 7 видов рода *Bacillus*: *B.azotophorman*; *B.brevis*; *B.Licheniformis*; *B.macquariensis*; *B.firmus-lentus*; *B.pumilis*; *B.sphaericus*. Бактерии всех перечисленных видов оказались способными к росту при температуре 8-10°C, а бактерии вида *B.macquariensis* росли при 0°C. Чтобы выяснить в каком состоянии находятся бациллы в почве, был проведен посев с прогревом почвенной суспензии при 80°C в течение 10 минут. Численность бактерий, определенная методом посева из прогретой почвенной суспензии, оказалась на 30-40 % ниже численности в контроле (без прогрева). Это свидетельствует в пользу того, что часть клеток бацилл находится в почве в вегетативном, т.е. активном состоянии.

Следует отметить, что из всех исследованных почв практически не выделялись актиномицеты и другие представители актинобактерий, относящиеся к группе гидролитиков. Таким образом, бактериальная деструкция растительных полимеров в мерзлотных торфянистых почвах может осуществляться узким спектром бактерий, среди которых доминируют бациллы. По данным микробиологов, изучавших торфяные почвы в южно-таежной подзоне Западной Сибири [1], состав бактерий-гидролитиков в почвах был более разнообразным, чем в гидроморфных криогенных почвах лесотундры и тундры.

Литература

1. Головченко А.В., Санникова Ю.В., Добровольская Т.Г., Звягинцев Д.Г. Сапротрофный бактериальный комплекс верховых торфяников Западной Сибири // Микробиология. 2005. Т. 74. № 4. С. 545-551.
2. Гродницкая И.Д., Сорокин Н.Д. Почвенно-микробиологический мониторинг лесоболотных экосистем Западной Сибири // Почвоведение. 2004. № 8. С. 945-951.
3. Богатырев Л.Г., Матьшак Г.В. Об элементах эволюции гидроморфных почв в условиях криогенеза // Материалы Третьей конференции геоэкологов России. Москва, 2005. Т. 1. С. 145-150.
4. Васильевская В.Д., Иванов В.В., Богатырев Л.Г. Почвы севера Западной Сибири. М., 1981. 156 с.
5. Лысак Л.В., Добровольская Т.Г., Скворцова И.Н. Методы оценки бактериального разнообразия почв и идентификации почвенных бактерий. М., 2003. 120 с.
6. Лысак Л.В., Добровольская Т.Г. Бактерии в почвах тундры Западного Таймыра // Почвоведение. 1982. № 9. С. 74-77.
7. Паринкина О.И. К микробиологической характеристике некоторых почв Западного Таймыр / Биогеоценозы Таймырской тундры и их продуктивность. Л., 1971. С. 65-77.

8. 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. С. 120-125.

Bacterial complexes in peat soils under cryogenesis

O.S. Kukhareno, T.G. Dobrovolskaya, A.V. Golovchenko, G.V. Matyshak

Bacterial number in cryogenic peats researched determined via in-situ luminescent method was the same (108-1010 cel/gr) as in more south region soils. Bacterial number determined via plating was two degrees lower than in taiga peats. Low diversity and monodominant structure characterize bacterial communities of the soils researched. Cultivation temperature decrease from 25°C to 5-8°C didn't result in bacterial number and taxonomic structure changes that demonstrates their adaptation to low temperatures in cryogenic soils. Seven bacillus species were revealed in the peats. Their presence depends on the ability to develop under low temperatures.

Сравнительная характеристика состава гумуса болотных почв аласов Центральной Якутии

М.В. Оконешникова

Институт биологических проблем криолитозоны СО РАН, г. Якутск,
mvok@ykt.ru

Рассмотрены особенности состава гумуса разных типов болотных почв аласов, развитых на аласных и озерных органо-минеральных отложениях. Отмечено высокое содержание гуминовых кислот в верхних перегнойно-гумусовых и погребенных горизонтах озерных отложений. Выявлено влияние аласного процесса на гумусонакопление и состав гумуса болотных почв.

Введение

Болотные почвы являются неотъемлемым компонентом почвенного покрова широко распространенных в Якутии термокарстовых котловин - аласов. В настоящее время в Центральной Якутии аласами занято 20-30 % всей площади, или 4400 км² [1, 2]. Аласы - плоские понижения от десятков метров до нескольких километров в диаметре, покрытые луговостепной растительностью, иногда имеют остаточные озера. Образуются в районах

распространения многолетнемерзлых пород за счет вытаивания и просадки грунтов [3]. В условиях криолитозоны с высокольдистыми грунтами, озера играют большую роль как основная движущая сила термокарстового процесса, ведущая к эволюции таежно-аласных ландшафтов [4, 5]. Характерной чертой озер Центральной Якутии, существующих в условиях семиаридного климата, является их быстрая динамичность. Под влиянием ритмики климатических факторов они то чрезмерно расширяются, то полностью высыхают. Благодаря такой флуктуации озер, происходят периодические изменения структуры почвенного покрова аласов. В годы избыточного увлажнения расширяется площадь болотных почв, когда в болотные превращаются луговые, а иногда и остепненные почвы. И, наоборот, в годы недостаточного увлажнения увеличивается площадь остепненных почв. При этом наибольшей динамике подвергаются почвы глубоких и небольших по размеру аласных котловин, чем почвы крупных аласов с пологим рельефом днища. Так, например, многолетние наблюдения (1999-2004гг.) сотрудников лаборатории экологии почв и аласных экосистем ИБПК СО РАН за динамикой пространственной структуры двух стационарных аласов показали, что площади болотных почв в аласе Ынах общей площадью 11.7 га колебались более 4 раз (от 0.79 до 3.36 га), а в аласе Улахан Сыххан общей площадью 63.7 га менее 2 раз (от 5.1 до 8.9 га). В целом, занимая от 5 до 30 % всей территории аласных котловин с замкнутым биогеохимическим круговоротом веществ и энергии, болотные почвы являются центрами аккумуляции веществ, в том числе органического вещества – гумуса, торфа и сапропеля, играющих исключительно важную экологическую роль. Однако, болотные почвы аласов, специфика их органического вещества в литературе до сих пор не рассматривались, в немногочисленных опубликованных нами работах имеются лишь общие сведения при характеристике состава гумуса почв аласов в целом [6-9].

Методика исследований

Объектами исследования явились болотные почвы аласных котловин Бестяхской и Тюнгиолонской террас р. Лены.

1. Перегнойно-глеевые почвы аласа Сюллях (разр. 5), расположенного в 75 км северо-восточнее г. Якутска на Бестяхской террасе. Форма аласа округлая, площадь около 30 га, глубина 2 м. Склоны очень пологие, днище ровное.

2. Терфянисто-сапропелево-глеевые почвы аласа Ынах (разр. 15), находящегося в 70 км восточнее г. Якутска на поверхности пятой надпойменной террасы (Тюнгиолонская равнина) р. Лены. Площадь 11.7 га, глубина вреза по отношению к межаласному плакору составляет около 14 м. Днище аласа неровное, со значительным наклоном в сторону озера.

3. Перегнойно-глеевые почвы аласа Билястях (разр. 8), расположенного на наиболее высокой части Тюнгиолонской террасы, прилегающей к Абалахской. Алас небольшой (площадь 7.5 га), но очень глубокий. Его глубина 30 м. Днище неровное.

Отбор образцов почв проводился через каждые 5-10 см в пределах генетических горизонтов, согласно рекомендациям В.В. Пономаревой [10] и М.И. Дергачевой [11]. Групповой и фракционный состав гумуса изучался по методу Тюрина в модификации Пономаревой и Плотниковой [12].

Результаты исследований

Исследованные почвы развиваются на неоднородных аласных и озерных органо-минеральных отложениях. Гетерогенная слоистость аласных отложений способствует нарушению классического строения почв и приводит к появлению в профиле аласных почв не только поверхностных, но и погребенных горизонтов лимнического и болотного генезиса – LD, (Lakustrine deposits - озерные отложения [7].)

Перегнойно-глеевые почвы аласа Сюллях (разр. 5) развиваются под лихостовными лугами с участием полевицы побегообразующей, бескильницы тонкоцветковой, горца земноводного и осоки ползучей. Почвообразующие породы – аласные отложения. Морфологическое строение следующее: АО (0-2 см) - темно-серая густо переплетенная корнями свежая, рыхлая оторфованная дернина; АТ (2-10 см) - перегнойный, темно-серый, влажный, густо пронизан корнями трав, мелкокомковатый, суглинистый; АВg (10-35 см) - неоднородный по окраске, темно-серый со светло-серыми и сизыми пятнами, влажный, суглинистый, в нижней части слабо вскипает от НСІ; Вg (36-66 см) - неоднородный по окраске, буровато-сизый с ржавыми пятнами, сильно влажный, бесструктурный, суглинистый, вскипает от НСІ; ВСg (66-90 см) - светло-бурый, влажный, бесструктурный, супесчаный, вскипает от НСІ неравномерно.

Эти почвы имеют высокое содержание органического углерода в верхних органогенных горизонтах – до 10-11 % и большую мощность гумусово-аккумулятивной толщи (35 см). Около 80 % запасов гумуса сосредоточено в слое 0-20 см, что может быть обусловлено поверхностным накоплением корневой массы в силу лучшей прогреваемости верхних слоев почвы и соответственно более интенсивным процессом гумификации и гумусонакопления. В составе гумуса верхних горизонтов гуминовые кислоты преобладают над фульвокислотами, отношение углерода гуминовых кислот к углероду фульвокислот (Сгк:Сфк) составляет 1.9-1.2. С глубины 30-40 см количество ГК резко уменьшается при сравнительно постепенном повышении фульвокислот. Отношение Сгк:Сфк уменьшается до

0.6-0.1. Негидролизуемый остаток составляет 60-70 % общего углерода в верхних горизонтах, с глубиной снижается до 43-57 %.

Доля гуминовых кислот в составе гумуса аккумулятивных горизонтов не превышает 28-33 %. Преобладающими фракциями ГК являются 2 и 3 фракции при незначительном превышении (на 5-6 %) последней. Распределение гуминовых кислот по профилю имеет равномерно убывающий характер.

В составе фульвокислот преобладающими являются 2 и 3 фракции, с глубиной содержание их постепенно увеличивается. Максимальное количество 1а фракции фульвокислот, наиболее подвижной и миграционно способной, наблюдается ниже 35-40 см, что обуславливает значительное увеличение здесь общего содержания фульвокислот и сужение отношений Сгк:Сфк. В целом, гумусовый профиль перегнойно-глеевой почвы четко подразделяется на две части: верхнюю (до 35 см) – с высоким содержанием гумуса и его гуматным составом и нижнюю – с низким общим содержанием и фульватным составом гумуса.

Торфянисто-сапропелево-глеевые почвы аласа Ынах (разр. 15) развиты под бекманиево-лисохвостными лугами с участием ячменя короткоостистого, лапчатки гусиной и гречишки птичьей. Почвообразующие породы – озерно-аласные отложения. Морфологическое строение следующее: OT (0-2 см) - темно-серый, рыхлый оторфованный органогенный горизонт, преимущественно состоящий из узлов кущения и мелких корней трав; LD₁ (2-27 см) - темно-бурый с частыми темно-серыми прослойками, влажный, рыхлый, оторфованный, с ракушками, вскипает от HCl; LD₂ (27-52 см) - темно-бурый, сапропелевый, влажный, с обильными ракушками, вскипает от HCl; Bg (52-72 см) - серый с бурыми и сизыми пятнами, сильно влажный, бесструктурный, супесчаный.

Торфянисто-сапропелево-глеевые почвы характеризуются высоким содержанием гумуса по всей толще. Количество общего органического углерода в верхних оторфованных горизонтах составляет 20-23 %, в нижнем минеральном горизонте В оно снижается до 2 %. Состав гумуса гуматный в верхней половине профиля, отношение СГК : СФК достигает почти 2.0 в горизонте Т (LD) и уже на глубине 35-45 см оно резко снижается до 0.6-0.5. Доля гуминовых кислот составляет в среднем 18-23 % от общего углерода в большей части профиля и лишь на глубине 50-70 см она увеличивается в 1.5 раза, достигая почти одной трети в составе гумуса.

Доля фульвокислот также в верхней части профиля невысокая (в среднем около 10 %), но с глубиной резко (в 3-3.5 раза) возрастает. Негидролизуемый остаток очень высок в органогенных горизонтах и снижается почти в 2 раза в нижней части профиля.

Очень своеобразно здесь распределение каждой из фракций гуминовых кислот. Основную роль среди этого компонента составляют гуминовые кислоты, связанные с глинистыми минералами (ГК-3). В отличие от перегнойно-глеевых почв аласа Сюллях, здесь бурые гуминовые кислоты (ГК-1) в небольших количествах имеются во всем профиле, а содержание фракций ГК-2 и ГК-3 с глубиной увеличивается в два и более раза. Такое же распределение имеют свободные фульвокислоты (ФК-1а).

Перегнойно-глеевые почвы аласа Билистях (разр. 8) развиты под осоково-вейниковыми лугами. Почвообразующие породы – озерно-аласные отложения. Морфологическое строение профиля следующее: АТ (0-18 см) - темно-серый, перегнойно-гумусовый, пронизан корнями, рыхлозернистой структуры, влажный; LD₁ (18-30 см) - темнее предыдущего, почти черный органогенный с сизыми пятнами минеральных включений, вскипает от HCl; LD_н (30-36 см) - фитогенный горизонт, состоящий из неразложившихся растительных остатков; LD₂ (36-56 см) - серый, сильно влажный, оглеенный, вскипает от HCl; G (56-85 см) - сизый, мокрый, тиксотропный.

В верхней части почвенного профиля (глубина 0-56 см) формируются горизонты органогенного происхождения – АТ, LD_т, LD_н и LD_г, нижняя (56-85 см) представлена минеральным тиксотропно-глеевым горизонтом G.

Для органогенных горизонтов характерно высокое содержание общего органического углерода 5-9 %, с максимальным накоплением в фитогенном горизонте LD_н до 23 %. Далее с глубиной его количество постепенно убывает и в глеевой тиксотропной толще составляет 0.5-0.9 %.

В фитогенном горизонте LD_н, содержание гуминовых и фульвокислот составляет лишь около 4 % от общего органического углерода, а доля негидролизуемого остатка достигает 92 %, что связано с высоким содержанием слаборазложившегося органического вещества. Отношение С_{гк}:С_{фк} здесь равняется 0.9. В остальной части профиля состав гумуса в общем коррелирует с его содержанием: высокогумифицированные горизонты имеют гуматный состав, низкогумифицированные – фульватный.

Содержание гуминовых кислот составляет 11-25 % от общего углерода. Преобладающей является фракция ГК-3, на долю гуматов кальция приходится 22-35 % от содержания гуминовых кислот. Доля бурых гуминовых кислот очень незначительна – в среднем около 1.5% от общего углерода. Фульвокислоты в профиле почвы распределяются с максимальным накоплением в нижней части, здесь их содержание достигает 35 % от общего органического углерода. Фракция 1а присутствует в незначительных количествах в верхних горизонтах и повышается до 7 % от общего углерода в нижележащем – глеевом.

Гумус перегнойно-глеевой почвы на озерно-аласных отложениях со своеобразным фитогенным горизонтом отличается от других болотных

почв аласов минимальным количеством бурых гуминовых кислот (ГК-1) и высоким содержанием негидролизуемого остатка во всей толще.

Таким образом, можно отметить, что типовые признаки гумуса рассмотренных почв в общих чертах очень близки – это гуматный и фульватно-гуматный состав гумуса в верхней органической части профиля и гуматно-фульватный и фульватный в нижней минеральной, значительное преобладание связанной с глинистыми минералами фракции ГК-3. Существенные отличия наблюдаются в соотношениях фракций и в их профильном распределении. Последнее объясняется спецификой проявления аласного процесса на гумусо- и почвообразование в термокарстовых котловинах.

Литература

1. Босиков Н.П. Аласность Центральной Якутии // Геокриологические условия в горах и на равнинах Азии. Якутск, 1978. С. 113-118.
2. Соловьев П.А. Криолитозона северной части Лено-Амгинского междуречья. М., 1959. 144 с.
3. Энциклопедический словарь географических терминов. М., 1968. 435 с.
4. Десяткин Р.В., Романов В.И. Почвы долины среднего течения реки Амги. Якутск, 1989. 120 с.
5. Десяткин Р.В. Специфика почвообразования в аласах // Почвоведение. 1990. № 12. С. 5-15
6. Десяткин Р.В. Содержание и состав гумуса в почвах аласов Лено-Амгинского междуречья // Вестн. Ленингр. Ун-та. 1981. № 6. С. 75-82.
7. Десяткин Р.В. Почвы аласов Лено-Амгинского междуречья. Якутск, 1984. 168 с.
8. Оконешникова М.В. Гумус почв аласов Лено-Амгинского междуречья. Автореф. дисс. ... канд. биол. н. Новосибирск, 1994. 16 с.
9. Оконешникова М.В. Гумусное состояние почв как индикатор экологической среды аласов // Наука и образование. Якутск, 1996. № 4. С. 103-112.
10. Пономарева В.В. К вопросу о роли растительности в подзолообразовании // Почвоведение. 1955. № 3. С. 1-12.
11. Дергачева М.И. Органическое вещество почв: статика и динамика (на примере Западной Сибири). Новосибирск, 1984. 152 с.
12. Методические указания по определению содержания и состава гумуса в почвах (минеральных и торфяных). Л., 1975. 105 с.

Comparative characteristic of humus composition of swampy soils in alaaases of Central Yakutia

M.V. Okoneshnikova

The characteristics of humus composition of different types of swampy soils in alaaases developed in alaaasy and lacustrine organic-mineral deposits have been studied. The high content of humic acids in the upper humus and buried horizons of lacustrine deposits has been marked. The influence of alaaas process on humus accumulation and composition of swampy soils has been revealed.

К вопросу оценки предельно допустимых сбросов загрязняющих веществ в болота

О.Г. Савичев

Томский политехнический университет, г. Томск, OSavichev@mail.ru

Разработаны и апробированы методики определения фоновых концентраций веществ в болотных водах и расчета их допустимых концентраций в сточных водах, сбрасываемых в болота. На основе указанных методик разработан региональный нормативный документ, регламентирующий расчет ПДС в болота на территории Томской области.

Введение

Оценка предельно допустимых сбросов (ПДС) загрязняющих веществ в поверхностные водные объекты представляет собой один из важнейших компонентов процедуры оценки допустимых вредных воздействий на водные объекты. Специфика ее реализации применительно к болотам обусловлена наличием целого ряда разнообразных проблем, среди которых следует отметить отсутствие общефедерального нормативного правового документа, регламентирующего расчет ПДС в болота, а также общую противоречивость существующих представлений о болотах, являющихся одновременно объектом водного, лесного и земельного законодательства, законодательства о недрах [1].

Тем не менее, в соответствии с Водным кодексом Российской Федерации, болото является поверхностным водным объектом, который потенциально может использоваться для водоотведения. С учетом этого возникает необходимость разработки способов расчета ПДС в болота. В конце 1990-х гг. специалистами РосНИИВХ предложен метод расчета допусти-

мой концентрации загрязняющих веществ в сточных водах СДК с использованием базовой формулы:

$$C_{ДК} = (n (ПДК - C_{фр}) + C_{фр}) k_6 \quad (1)$$

где n – кратность разбавления, рассчитываемая стандартными методами для водотоков; $C_{фр}$ – фоновая концентрация рассматриваемого вещества в реке, дренирующей болото; k_6 – коэффициент самоочищения болотных вод, рассчитанных как соотношение концентраций вещества в сточных водах и на выходе из болота [2].

Как показал анализ водохозяйственной, гидрологической и гидрохимической информации, данный метод может быть применен в основном на относительно небольших и дренируемых реками долинных болотах. Но его использование в таежной зоне Западной Сибири, где расположены болотные массивы площадью в сотни и тысячи квадратных километров, существенно затруднено, поскольку химический состав болотных вод заметно меняется внутри болота в зависимости от преобладающего болотного биогеоценоза, а линии водного стока имеют сложную конфигурацию, не позволяющую достоверно определить значение k_6 . С учетом этого автором были проведены исследования состояния болот с целью создания методики расчета ПДС, не зависящей от размеров и конфигурации болота и, одновременно, входящей в единый комплекс подходов, понятий и определений, используемый при нормировании вредных воздействий на водные объекты в Российской Федерации.

Результаты исследований

Исходя из последнего условия и, в определенной степени, в ущерб теоретической обоснованности, автором был заимствован ряд положений из действующих нормативных документов, регламентирующих расчет фоновых концентраций в воде водотоков, предельно допустимых сбросов в реки и озера и т.д. В частности, по аналогии с [3], за фоновую концентрацию вещества C_f в болотных водах нами предложено принимать статистически обоснованную верхнюю доверительную границу возможных средних значений концентраций этого вещества, рассчитанную по результатам гидрохимических наблюдений с доверительной вероятностью 95 %.

Расчет фоновых концентраций веществ в болотных водах предлагается проводить в зависимости от размера болота. Если сброс сточных вод осуществляется в болото протяженностью более 750 м, то отбор проб болотных вод для расчета фоновых концентраций проводится на удалении от выпуска сточных вод более 500 м (то есть максимальное расстояние от выпуска сточных вод до контрольного створа не должно превышать 2/3 протяженности болота). Если же протяженность болота менее 750 м, то расчет

проводится по данным, полученным на болоте-аналоге с примерно такими же болотными микроландшафтами, отсутствием сбросов сточных вод, разливов нефтепродуктов, пластовых вод, захоронений отходов и складов горюче-смазочных материалов. При этом для расчета фоновых концентраций необходимо определение химического состава и свойств не менее чем в пяти пробах болотных вод, отобранных в летне-осенний период из деятельного горизонта болота, а пункты отбора должны быть удалены друг от друга более чем на 20 м.

Нормативы ПДС веществ со сточными водами в болото, как и в случае рек и озер, должны базироваться на использовании ПДК и устанавливаться, исходя из условий недопустимости превышения нормативов качества воды водоприемника в контрольном створе, расположенном на расстоянии до 500 м от выпуска сточных вод, но не далее 1/3 расстояния от выпуска сточных вод до самой удаленной точки болота. Контрольный створ может представлять собой условную прямую или ломаную линию, расположенную перпендикулярно движению болотных (сточно-болотных) вод, определяемому по понижению высотных отметок болота при удалении от выпуска сточных вод.

Базовое уравнение для определения допустимой концентрации вещества в сточных водах СДК имеет стандартный вид:

$$C_{\text{ДК}} = C_{\phi} + n (\text{ПДК} - C_{\phi}) \quad (2)$$

где C_{ϕ} – фоновая концентрация загрязняющего вещества в болотных водах. Кратность разбавления определяется по формуле:

$$n = \frac{C_{\text{ст}} - C_{\phi}}{C_{\text{max}} - C_{\phi}} \quad (3)$$

где $C_{\text{ст}}$ – концентрация вещества в сточных водах; C_{max} – максимальная концентрация вещества в болотных водах в контрольном створе, определяемая основе упрощения и последующего аналитического решения уравнения диффузии вещества:

$$C_{\text{max}} = C_{\text{cm}} \exp \left(- \frac{k r^2}{2 \left(D - \frac{q}{\phi h} \right)} \right) \quad (4)$$

где r – расстояние от источника поступления вещества в водный объект до контрольного створа; α – угол сектора распространения примеси; D – коэффициент диффузии; k – коэффициент самоочищения; q – расход сточных вод; h – половина глубины деятельного слоя торфяной залежи. Глубина деятельного горизонта и прочие гидрологические характеристики болота

определяются путем измерения, а в случае отсутствия гидрометрических наблюдений – ориентировочно по [4, 5].

Коэффициент самоочищения k в общем случае не является константой и может быть рассчитан следующим образом. В каждой точке наблюдения и для каждого вещества обратным способом из (4) определяется величина k_x :

$$k_x = -\ln\left(\frac{C_x}{C_{cm}}\right) \frac{2\left(D - \frac{q}{\varphi h}\right)}{x^2} \quad (5)$$

где C_x – измеренная концентрация в пункте на расстоянии x от выпуска сточных вод. Затем строится графическая или аналитическая зависимость величины k_x от расстояния x между выпуском сточных вод и пунктом наблюдения. Если между величиной k_x и расстоянием x существует значимая связь, то для заданного расстояния от выпуска сточных вод до контрольного створа по полученной зависимости определяется искомая величина k . Если же все значения k_x , вычисленные по формуле (5), близки между собой, то в расчете C_{max} используется среднее значение коэффициента самоочищения. И наконец, если все значения k_x , вычисленные по формуле (5), существенно отличаются друг от друга и не удовлетворяют указанным выше условиям, то принимается $k=0$.

Апробация данной методики на примере болот Томской области показала удовлетворительную сходимость расчетных и фактических концентраций целого ряда веществ в болотных водах (рис.).

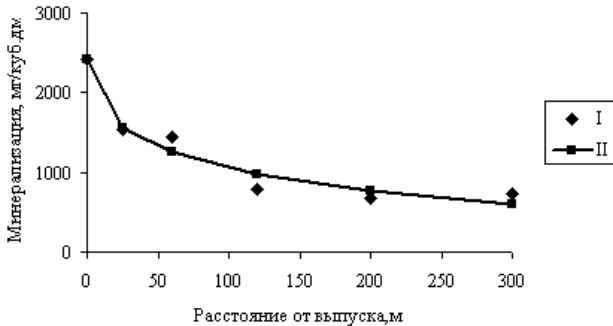


Рис. Изменение измеренных (I) и расчетных (II) значений минерализации болотных вод по мере удаления от выпуска сточных вод ЖКХ с. Мельниково в Обское болото.

Заключение

На основе анализа обширной водохозяйственной и гидрохимической информации разработаны методики определения фоновых концентраций веществ в болотных водах и расчета ПДС в болота, на основе которых составлен соответствующий региональный нормативный документ [6]. Можно предположить, что данные методики могут быть использованы и в других регионах России, характеризующихся сильной заболоченностью территорий. В то же время, автор отдает себе отчет в их ограниченности, вытекающей из условия соблюдения единства существующих подходов к нормированию качества поверхностных вод. В частности, данная методика не применима, если значение C_{ϕ} больше ПДК и нет утвержденных региональных нормативов. В этом случае принимается $СДК=ПДК$, что, как правило, приводит к значительному и необъективному занижению величин ПДС. С учетом этого необходимы дальнейшие гидрохимические исследования болот и условий их использования.

Литература

1. Березин А.Е., Базанов В.А., Савичев О.Г. Принципы разработки кадастра торфяных болот // Охрана природы. Вып. 3. Томск, 2005. С. 13-26.
2. Носаль А.П. Оценка самоочищающей способности болот и ее использование при нормировании // Водное хозяйство России. 2002. Т. 4. № 4. С. 308-323.
3. Методические указания. Проведение расчетов фоновых концентраций химических веществ в воде водотоков: РД 52.24.622-2001. М., 2001. 68 с.
4. Иванов К.Е. Водообмен в болотных ландшафтах. Л., 1975. 280 с.
5. Болота Западной Сибири. Их строение и гидрологический режим. Л., 1976. 447 с.
6. Временные методические указания по проведению расчетов фоновых концентраций веществ в болотных водах и предельно допустимых сбросов (ПДС) вредных веществ в болота со сточными водами: введены в действие на территории Томской области приказом ГУИР и ООС № 0533/з от 23.07.2003 г. Томск, 2003. 23 с.

To the question on allowable pollution of bogs

O.G. Savichev

Techniques of definition of background concentration of substances in marsh waters and calculation of their allowable concentration in sewage are developed and approved. The regional normative document for Tomsk region is developed.

Образование и эмиссия метана в торфяных залежах олиготрофного болота

М.А. Сергеева¹, С.В. Задорожная²

¹Томский государственный педагогический университет, г. Томск,
Margaret80@yandex.ru

²Томский государственный университет, г. Томск

В работе рассмотрены особенности процесса метаногенеза в болотных экосистемах, а также активность процесса в разных природных условиях.

За последние десять лет утверждение о том, что климат меняется, из разряда гипотез перешло в разряд несомненных истин. В 1990 году правительства разных стран приступили к переговорам, результатом которых стал Киотский протокол, в котором промышленно развитые страны взяли на себя обязательства сократить эмиссию парниковых газов до определенного размера [1].

Первая Всемирная конференция по климату, состоявшаяся в 1979 году учредила Всемирную программу исследования климата. В течение 1980-х годов программа ООН по окружающей среде (ЮНЕП) и Всемирная метеорологическая организация (ВМО) разработали ряд международных научных семинаров, на которых ученые выработали предварительный консенсус относительно сути проблемы и создали межправительственную группу экспертов по изменению климата (МГЭИК). В своем первом аналитическом докладе МГЭИК представила выводы о том, что средняя температура атмосферы Земли начнет возрастать на 0.3°C ($+0.15^{\circ}\text{C}$) за десятилетие. Как считают авторы [2, 3], в течение последних десяти тысяч лет на планете ничего подобного не наблюдалось. К основным парниковым газам относятся диоксид углерода и метан. При этом метан обладает в 20 раз большим парниковым эффектом, чем диоксид углерода. Возрастание концентрации метана в атмосфере связывается как с антропогенными, так и с природными источниками. Одним из глобальных источников метана являются торфяные болота. Болота покрывают 21 % территории России, и согласно оценкам ученых вклад болот России может составлять 25–50 % от всего потока метана с территории нашей страны.

По современным представлениям, метан образуется только в абсолютно анаэробной среде, при близком залегании к поверхности болотных вод [4, 5]. С понижением болотных вод выделение метана логарифмически убывает [6]. Процесс образования метана происходит в торфяной залежи, но выделяется тот метан, который, проходя через зону аэрации, не

используется метанотрофными бактериями. Остальной же метан, будучи мало растворимым в воде, находится в торфяной залежи и условия его освобождения пока остаются не выясненными. Целью данного сообщения является изучение условий образования и эмиссии метана из болот олиготрофного типа.

Методика исследований

Исследования проводились в течение 2004 года на территории научно-исследовательского полигона «Васюганье», расположенного в пределах Бакчарского района Томской области и относящегося по болотному районированию к Западно-Сибирской таежной болотной области бореально-атлантических выпуклых олиготрофных моховых болот активного заболачивания [7]. В качестве модельного объекта наблюдения за динамикой формирования и эмиссии метана принята территория малого заболоченного водосбора р. Ключ, располагающаяся 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), осоково-сфагновая топь (пункт 5) [8].

На каждом пункте олиготрофных ландшафтов были заложены пункты наблюдений за уровнем болотных вод (УБВ), проведены опыты по изучению динамики образования и эмиссии метана. Образование метана в торфяной залежи осуществлялось “реергс”-методом на газовом хроматографе «Кристалл 2000» [9]. Эмиссию метана с поверхности измеряли камерно-статистическим методом. Определение численности метанотрофных микроорганизмов проводились в соответствии с методиками Института микробиологии РАН [10].

Результаты исследований

Как выше уже отмечалось метан образуется только в абсолютно анаэробной среде и его образование обязано «самостоятельному микробному процессу» [11]. Биополимеры, из которых состоит торф, в первую очередь клетчатка, разлагается анаэробной микрофлорой до простых углеводов, органических кислот, аминокислот. Разложение этих соединений по типу маслянокислого или смешанного брожения приводит к образованию водорода и углекислоты, которые используются водородными метанобразующими бактериями. Другой путь – это разложение органических кислот по типу В-окисления - приводит к накоплению уксусной кислоты, которая в свою очередь, разлагаясь бактериями группы *Methanosarcina*, выделяет метан. Таким образом, основными источниками метана являются диоксид

углерода и ацетат. Ацетокластические реакции позволяют провести дальнейшее расщепление ацетата, чтобы произвести метан и углекислый газ; водород и двуокись углерода можно разъединить, чтобы образовать метан при снижении CO_2 или снова образовать ацетат при ацетогенезе [12-17].

Реакции образования метана являются одними из последних стадий в цепи трансформации органического вещества и протекают в строго анаэробных условиях. Представляет интерес рассмотреть активность процесса метанобразования по всей глубине торфяной залежи, в условиях разных олиготрофных ландшафтов и в течение теплого периода 2004 года.

Вегетационный период 2004 г. характеризуется как умеренно теплый и влажный. Сумма осадков за май-сентябрь составила 430 мм. Распределение осадков в течение сезона было неравномерным (рис. 1).

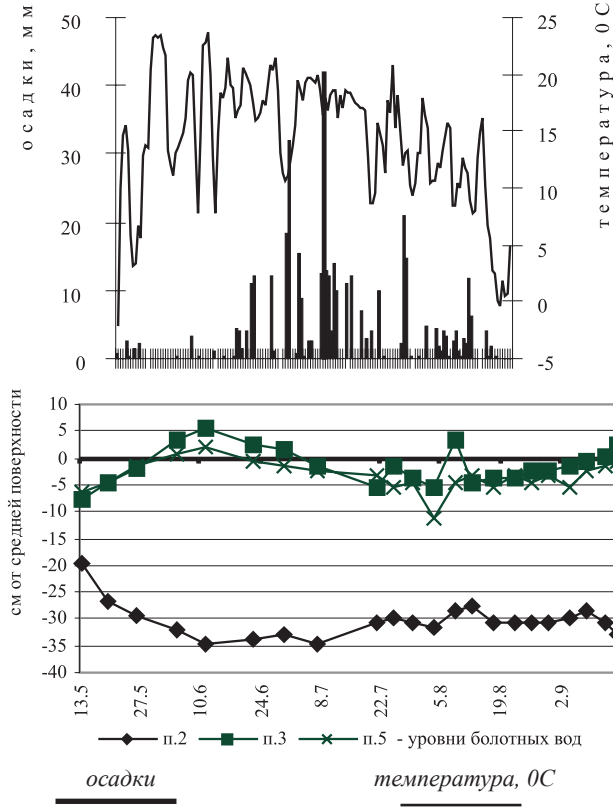


Рис. 1. Погодные условия и динамика уровней болотных вод.

Наибольшие значения концентрации метана в торфяной залежи осоково-сфагновой топи достигают значений 0.40-0.52 ммоль/л ближе к придонному слою. Торфяная залежь сосново-кустарничково-сфагнового фитоценоза (п. 3) продуцирует меньше метана с максимальными величинами 0.35–0.41 ммоль/л, приуроченными также к нижним слоям залежи (рис. 2).

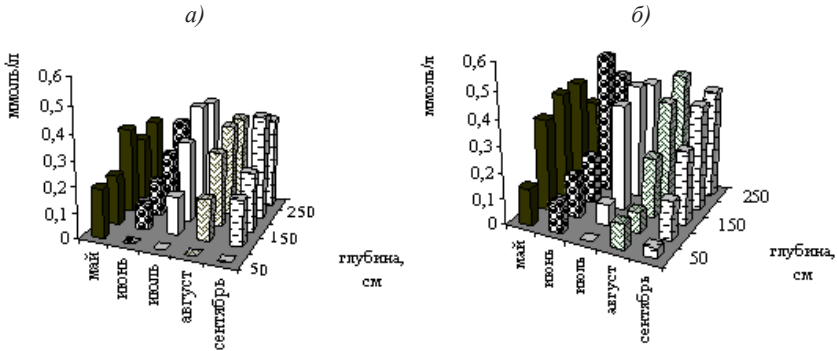


Рис. 2. Распределение метана в торфяной залежи: а) низкий ям; б) осоково-сфагновая топь.

Зависимость метанобразования от мощности торфяной залежи ранее отмечалась другими исследователями [18-22]. Одна из причин повышенного биосинтеза метана на глубине заключается в строении торфяной залежи. Менее кислая среда низинных видов торфов в придонном слое и высокая степень деструкции их органического вещества способствуют интенсивному проявлению метаногенеза, так как известно, что рост метаногенов усиливается при pH более 6 и с увеличением степени разложения торфа [15, 23-25]. Таким образом, наибольшая концентрация метана характерна для торфяной залежи осоково-сфагновой топи, а на протяжении летнего периода – май.

Следует отметить, что значительная часть образовавшегося метана не доходит до поверхности, чтобы потом эмиссировать в атмосферу. Часть метана в торфяной залежи болотных экосистем окисляется метанотрофными бактериями. Скопление метанотрофных бактерий у поверхности названо бактериальным фильтром эмиссии метана. Рядом исследователей показано, что с ростом глубины численность метанооксиляющих бактерий снижается от 10^4 (на глубине 0.5 м) до 10^3 кл/мл (на глубине 5 м) [26]. В исследуемых торфяных залежах олиготрофных ландшафтов также отмечается общая закономерность падения численности метанотрофов с глубиной. Вместе с тем распределение метанотрофов в торфяной залежи олиготроф-

ных ландшафтов характеризуется неоднородностью, как в количественном соотношении, так и в динамике по месяцам теплого периода года. Заметим, что стратиграфия залежи представляет неоднородную для метанооксилюющих организмов среду обитания вследствие разнообразия ботанического состава торфов, степени их разложения, pH и зольности. Так, в слоях, которые имеют невысокую степень разложения, численность метанотрофов характеризуется на уровне 350 тыс. кл/г торфа, при увеличении степени разложения до 40-55 % их содержание снижается до уровня 250-100 тыс. кл. Такой показатель как pH также оказывает влияние на распределение метанооксилюющих бактерий. В слоях залежи, характеризующихся pH на уровне 3.0–3.5, содержание метанотрофов – высокое. Сочетание данных показателей оказывает влияние на изменение численности метанотрофов по глубине. В течение теплого периода содержание метанотрофов в залежи изменяется незначительно, что, вероятно, определяется уровнем болотных вод, которые поддерживались на одном уровне практически весь сезон, несмотря на то, что в конце июля - начале августа выпали значительные осадки (см. рис. 1). По всему профилю содержание метанотрофов уменьшается в ряду: осоково-сфагновая топь – низкий рям – высокий рям.

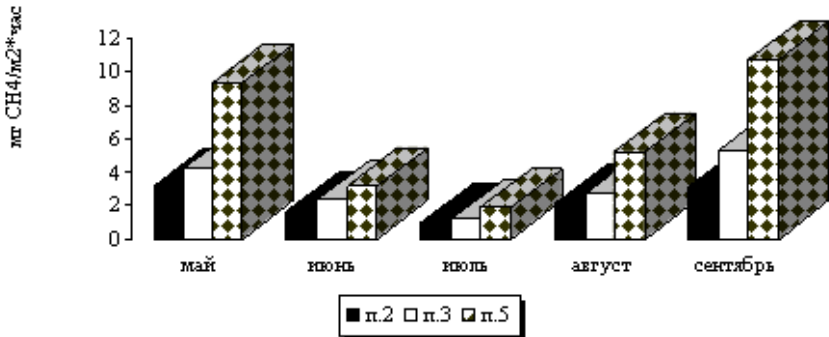


Рис. 3. Эмиссия метана на ландшафтном профиле.

Образующийся метан мало растворим в воде и слабо подвижен. Именно по этой причине он освобождается преимущественно лишь при осушительной мелиорации. Однако многие исследования, показывают, что процесс эмиссии метана происходит в теплый период года, а некоторые авторы [27-29], отмечают его активность зимой. Все это позволяет признать необходимость исследования эмиссии метана в динамике на протяжении всего года. Наши исследования касались только теплого периода и за этот период на всех исследуемых пунктах отмечается увеличение эмиссии метана в мае и сентябре, по профилю наибольшая эмиссия метана отмечает-

ся на осоково-сфагнутой топи, затем следует низкий рям и высокий рям (рис. 3). Незначительный поток метана из высокого рья, объясняется мощностью залежи. Залежь данного пункта исследований достигает глубины 75 см, а основная масса метана, как уже отмечалось выше, образуется в более глубоких горизонтах.

Таким образом, на основании проведенных исследований можно отметить, что наиболее активно процесс метаногенеза проявляется в более мощной торфяной залежи осоково-сфагнутой топи в мае и сентябре, что обусловлено ботаническим составом и гидротермическими условиями данного пункта исследований.

Литература

1. Граб М., Вролик К., Брэк Д. Киотский протокол. Анализ и интерпретация. М., 2001. 303 с.
2. Морозов В.И. Киотский протокол и предложения по позиции МПР России // Использование и охрана природных ресурсов в России. 2002. № 4. С. 87-91.
3. Болин Б. Какое количество CO₂ остается в атмосфере? // Парниковый эффект, изменения климата и экосистемы. Л.: Гидрометеиздат. 1989. С. 134-195.
4. Augustin J., Merbach W., Schmidt W. et al. // *Angew. Bot.* 1996. № 70. P.45-51.
5. Inoue G., Takahasi Y., Maksyutov S. et al. // *Proceedings of the Fifth Symposium on the Joint Siberian Permafrost Studies between Japan and Russia in 1996.* P. 34-40.
6. Sebacher A., Harris R.S., Burtlett K. et al. // *Tellus S.* 1986. V. 38. P.1-10.
7. Лисс О.Л., Абрамова Л.И., Аветова Н.А. и др. Болотные системы Западной Сибири и их природоохранное значение. Тула, 2001. 584 с.
8. Васюганское болото (природные условия, структура и функционирование) // Под ред. Л.И. Инишевой. Томск. 2000. 136 с.
9. Steinmann Ph., Shotyk W. // *Fresenius J. Anal. Chem.* 1996. P. 709-713.
10. Методы почвенной микробиологии и биохимии: Учебное пособие / Под ред. Д.Г. Звягинцева. М., 1991. 304 с.
11. Омелянский В.Л. О метановом брожении клетчатки // *Избр. Труды.* 1953. Т.1. № 55. С. 44-65.
12. Barker H.A. *Bacterial fermentation.* N.-Y. 1956. 236 s.
13. Заварзин Г.А. Литотрофные микроорганизмы. М., 1972. 322 с.
14. Gottschalk G. *Bacterial metabolism.* Springer.-Verlag, N.-Y. 1986. 281 s.
15. Ferry J.G. *Methanogenesis.* N-Y., London. 1993. 536 s.
16. Wahlen M. // *Annu. Rev. Earth and Planet.* 1993. V. 21. P. 407-426.

17. Айлрих Б., Бернс С.Ж., Штайнман Ф. // Вторая Международная конференция. Сокращение эмиссии метана. Новосибирск. 2000. С.233–239.
18. Сирин А.А., Нильсон М., Шумов Д.Б. и др. // Доклады академии наук. 1998. Т. 361. № 2. С. 1-4.
19. Ефремова Т.Т., Бажин Н.М. // Сибирский экологический журнал. 1998. № 6. С. 563-570.
20. Махов Г.А., Бажин Н.М., Ефремова Т.Т. // Химия в интересах устойчивого развития. 1999. № 2. С. 619-622.
21. Бажин Н.М. // Вторая Международная конференция. Сокращение эмиссии метана. Новосибирск. 2000. С. 239–244.
22. Поздняков А.И., Шеин Е.В., Паников Н.С. и др. // Физика почв. 2003. № 6. С. 697-700.
23. Дедыш С.Н., Паников Н.С. // Микробиология. 1997. Т.66. № 4. С.569-574.
24. Weyhenmeyer C.E. // Global biogeochemical cycles. 1999. V. 13. № 4. P. 1079-1090.
25. Дулов Л.Е. // Эмиссия и сток парниковых газов на территории северной Евразии. Пущино. 2000. С. 85-86.
26. Сидоров Д.Г., Берзенков И.О., Беляев А.С. и др. // Микробиология. 1998. Т. 67. № 2. С. 255-260.
27. Гальченко В.Ф. Метанотрофные бактерии. М., 2001. 500 с.
28. Panicov N.S., Dedysh S.N. // Global biogeochemical cycles. 2000. V. 14. № 4. P. 1071-1080.
29. Naumov A.V. // West Siberian Peatlands and Carbon Cycle: Past and Present. 2001. P. 110-113.

**Conditions of formation and methane emission
in oligotrophic landscapes Vasjugan bog
M.A. Sergeeva, S.V. Zadorognaya**

Process of methanogenesis in bogs, and also activity of process in a different environment are shown in the work.

Комплексная оценка биоты на примере одного из карстовых болот Тульской области

Е.Е. Сироткина, Е.М. Волкова, О.В. Ципириг

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

Для оценки роли карстовых болот, как своеобразных экосистем были проведены комплексные исследования биоты на болоте у д. Кочаки (Щекинский район, Тульская область). Выявлено 55 видов сосудистых растений, относящихся к 24 семействам и 16 видов мхов. 11 видов растений являются охраняемыми. Выявлено 40 видов простейших. Анализ протисофауны показал, что от окрайки к центру происходит закономерная смена уровней сапробности от полисапробного до олигосапробного. Выявлено 73 вида насекомых, относящихся к 11 отрядам. Наиболее многочисленны представители отряда жуки (22 %).

На территории Тульской области, расположенной на границе широколиственных лесов и северной лесостепи, карстовые болота приурочены к лесной растительности. Занимая небольшие площади, такие болота наименее доступны для посещения и потому характеризуются минимальной антропогенной нагрузкой. Это способствует сохранности биоты и позволяет рассматривать карстовые болота как центры сохранения биологического разнообразия региона.

Для оценки роли таких болот как мест обитания редких видов и выявления некоторых функциональных особенностей карстовых экосистем были проведены комплексные исследования биоты на модельном объекте, которым явилось карстовое болото у д. Кочаки (Щекинский район, Тульская область). Данное болото образовалось в серии карстовых провалов глубиной около 8 м и занимает площадь менее 1 га. Изучение биоты включало описание растительного покрова, выявление флористического состава и энтомофауны, а также анализ видового состава простейших как показателя сапробности водной среды болот.

Методика исследований

Описание растительного покрова проводилось с использованием стандартной геоботанической методики [1]. Для выявления флористического состава был собран гербарий, который определяли в камеральных условиях с использованием определителей [2].

Для выяснения видового состава простейших регулярно отбирались пробы воды в открытых местах на болоте. Всего было взято 15 проб. При

этом были определены следующие точки отбора, отличающиеся по гидрохимическим условиям: 1 - крайняя часть, 2 - крайнее озерко, 3 - центральное озерко. Количество обнаруженных в пробе особей оценивали по 5-бальной системе: 1 балл – единичные экземпляры, 2 балла – мало, 3 балла – среднее количество, 4 балла – много, 5 баллов – в массе.

Для выяснения степени сходства видового состава простейших-гидробионтов различных участков болота, использована следующая формула [3, 4]:

$$K = \frac{2c}{a + b}$$

где K – коэффициент видового сходства; c – число общих видов, встречаемых на 1 и 2 участках; a – количество видов, встречаемых на 1 участке; b – количество видов на 2 участке.

Если коэффициент K равен единице, наблюдается полное сходство видового состава простейших, если K меньше единицы, то имеются различия.

Выявление видового состава насекомых производилось при помощи отлова стандартным энтомологическим сачком (диаметр сачка 30 см, глубина 60 см, длина ручки 100 см).

Результаты исследований

Растительность и флора. Современный растительный покров болота представляет собой сочетание эвтрофных (по окрайкам) и мезотрофных (центральная часть) фитоценозов.

Окрайка характеризуется наибольшим видовым разнообразием, вследствие богатого водно-минерального питания, что обусловлено стоком поверхностных вод с прилегающих минеральных почв. Растительный покров формируют ивово-разнотравные и разнотравно-сфагновые фитоценозы.

Растительность центральной части болота представлена как эвтрофными, так и мезотрофными сообществами. В условиях богатого водно-минерального питания формируются разнотравно(сабельниково)-осоково-сфагновые фитоценозы. На небольших повышениях и «коврах» представлены разнотравно-кустарничково-сфагновые, осоково-пушицево-сфагновые, молиниевые-сфагновые и березово-осоковые фитоценозы. Древесный ярус в центральной части болота развит слабо, он представлен березой пушистой [5].

В целом, флористический состав болота у д. Кочаки представлен 71 видами, относящимися к 24 семействам. Наиболее многочисленны представители семейства Осоковые – 22 %, Ивовые – 13 %. Среди мхов выявлено 11 видов зеленых и 5 видов сфагновых мхов. Среди указанных

видов 12 являются редкими и подлежат охране: андромеда многолистная *Andromeda polyfolia* L. (единственная точка произрастания в области), ива лапландская *Salix lapponum* L., ива черничная *Salix myrtiloides* L., болотный мирт *Chamaedaphne calyculata* L.-Moench, очеретник белый *Rhynchospora alba* L.-Vahl, осока топяная *Carex limosa* L., осока волосистоплодная *Carex lasiocarpa* Ehrh, росьянка круглолистная *Drosera rotundifolia* L., клюква болотная *Oxycoccus palustris* Hill, пушица влагалищная *Eriophorum vaginatum* L., молиния голубая *Molinia caerulea* L.-Moench, сфагнум магелланский *Sphagnum magellanicum* L. [6]. Следует отметить, что нахождение некоторых редких видов указывали еще ученые 19-20 веков [7, 8].

На болоте произрастают лекарственные, технические и ягодные растения, многие из которых приурочены в области только к болотам. К таковым относятся: белокрыльник болотный, сабельник болотный, вахта трехлистная, а также клюква болотная, являющаяся ценным ягодным кустарничком.

Элементы фауны. Составной частью экосистемы болота являются также простейшие и насекомые. Простейшие-гидробионты вносят большой вклад в общий круговорот веществ экосистемы [9], в частности, они участвуют в самоочищении водоемов от органического загрязнения. Простейшие обладают высокой чувствительностью к химическому составу воды, что делает их ценными показателями органического загрязнения, т.е. сапробности.

Проведенные нами исследования позволили выявить 40 видов простейших. Преобладают представители типа инфузории – 37 видов, что составляет 92.5 % общего видового обилия. Саркомастигофор отмечено всего 3 вида (7.5 %). Доминирование инфузорий типично для пресных водоемов.

Наибольшее количество видов отмечено в крайнем озерке - 27 видов, среди которых также преобладают инфузории (92.6 %). Преобладают а-мезосапробы. По-видимому, такое обилие простейших обусловлено большим количеством питательных веществ и большей доступностью кислорода. Анализ воды по окрайке позволил выявить 14 видов простейших, что в 2 раза меньше, чем в крайнем озерке. Представители типа Инфузории составляют 85.7 %, Саркомастигофоры – 14.3 %. Преобладают полисапробы. Меньшее количество видов простейших вероятно связано с сильным органическим загрязнением и недостаточной аэрацией. Это в некоторой степени связано с плоскостным смывом с прилегающих суходолов. Центральное озеро характеризуется наличием всего 9 видов, являющихся индикаторами на олигосапробность. Все они представители типа Инфузории.

В результате наших исследований для всех 3 точек было выявлено 4 общих вида, что составляет 6 % от общего числа. Все представители

относятся к типу Инфузорий. Однако в каждой точке встречаются такие виды, которые не повторяются в 2-х других. Так, для окрайки характерно 3 отличающихся вида (12.0 % общего видового обилия); для крайнего озера – 17 видов (68.0 % общего видового обилия), а для центрального – 5 видов (20.0 % общего видового обилия).

Насекомые играют большую роль в природных процессах экосистем любого ранга. В результате проведенных исследований нами выявлено 73 вида насекомых, относящихся к 11 отрядам. Наиболее многочисленны представители отряда жуки – 22 %, стрекозы – 17.9 % и перепончатокрылые – 16.4 %. Значительное видовое обилие жуков объясняется наличием большого разнообразия растений на болоте, так как по трофической специализации жуки, в основном, являются фитофагами. Стрекозы заселяют болото в больших количествах, поскольку развитие их личинок проходит в воде. И, наконец, обилию перепончатокрылых способствует большое количество цветущих растений [10]. На болоте у д. Кочаки нами отмечен представитель семейства парусники - махаон (*Papilio machaon L.*) [11], являющийся редким и нуждающимся в охране видом.

Среди насекомых изучаемой экосистемы преобладают фитофаги (26 видов, 39.0 % общего видового обилия), что типично для наземных экосистем. Насекомые - энтомофаги составляют 38.0 %, а сапрофаги - всего 3.0 % общего видового обилия.

Заключение

Как видно из результатов исследования, болото у д. Кочаки характеризуется достаточно богатым флористическим разнообразием. Флора представляет интерес с биогеографической точки зрения, болото ценно как место сохранения типичных бореальных видов, которые в Тульской области являются редкими и подлежат охране.

Анализ протистофауны показал, что от окрайки к центру происходит закономерная смена уровней сапробности от полисапробного (характеризуется сильным органическим загрязнением) до олигосапробного (чистые, богатые кислородом воды).

Разнообразие насекомых следует объяснять наличием кормовой базы.

Своеобразие биоэкологических условий и высокое биоразнообразие определяет большое значение исследуемого болота и необходимость присвоения статуса особо охраняемой территории.

Литература

1. Неронов В.В. Полевая практика по геоботанике в средней полосе Европейской России: метод. Пособие. М., 2002. 139 с.
2. Горностаев. Г.Н. Определитель отрядов и семейств насекомых фауны России. М., 1999. 150 с.
3. Хаусман К. Протозоология: Пер. с нем. М., 1988. 336 с. 4. Хейсен Е.М. Краткий определитель пресноводной фауны. Л., 1951. 77 с.
5. Волкова Е.М. Отчет о научной работе по проекту «Болота музея-заповедника «Ясная Поляна» (рукопись). Фонды музея-заповедника «Ясная Поляна». 2005. 72 с.
6. Губанов И.А., Киселева К. В., Определитель сосудистых растений. М., 1995. 560 с.
7. Кожевников Д.А., Цингер В.Я. Очерк флоры Тульской губернии// Тр. СПб. Об-ва естествоиспытателей. 1880. Т. 11. Вып. 1. С. 37-150.
8. Розен В.В. Список растений, найденных в Тульской губернии до 1916 года// Изд. Тул. Об-ва любителей естествознания. 1916. Вып. 4. С. 1-282.
9. Макрушин А.В. Биологический анализ качества вод. Л., 1974. 60 с.
10. Булухто Н.П. Зоология. Основы энтомологии: руководство к полевым практикам и экскурсиям. Тула, 2003. 175 с.
11. Мамаев Б.М., Медведев Л.Н., Правдин Ф.Н. Определитель насекомых европейской части СССР. М., 1976. 467 с.

Complex estimation biota on an example of one of karst-hole bogs of Tula region E.E. Sirotkina, E.M. Volkova, O.V. Tspirig

For an estimation of a role of karst-hole bogs as a original ecosystem have been carried out complex researches biota on the bog at Kochaki village (area Shekinsky, the Tula region). It is revealed 55 of the vascular plants concerning 24 families and 16 species of mosses. 11 species of plants are a subject for protection. 40 species of the elementary are revealed. The analysis fauna of Protozoa has shown, that from border to the center there is a natural change of levels saprobic from polysaprobic up to olygosaprobic. 73 species of the insects concerning 11 groups are revealed. Representatives of group bugs (22 %) are most numerous. It is noted *Papilio machaon* L., being by a species rare and requiring protection.

Исследование водно-физических и структурных свойств композиционных сорбентов на основе торфа

А.Е. Тимофеев, Е.Ю. Исаева

Тверской государственной технической университет, г. Тверь,
Peatmaster@gmail.com

Производство торфяных гранулированных сорбентов осложняется гистерезисными явлениями в структуре, вследствие чего необходимы дополнительные технологические операции по их устранению. Экспериментально установлено, что минеральные добавки на основе глинистых материалов в торфяной матрице позволяют повысить емкость и скорость сорбции. Для торфоминеральных формованных материалов отмечено улучшение качественных показателей на стадиях формования и сушки. Низкотемпературная обработка композиций позволяет модифицировать их и получить гидрофильные сорбенты с развитой пористой структурой.

Опыт создания и практического применения сорбентов показывает, что их использование осложняется необратимыми явлениями в структуре, возникающими в процессе сушки, что требует дополнительных технологических операций для повышения поглотительной способности до первоначального уровня. Целью проведенных исследований является улучшение показателей процесса поглощения водных сред торфяными сорбентами.

Проблема снижения емкости поглощения может быть решена как введением добавок (синтетические и природные материалы), так и различными способами активации центров сорбции [1]. Методы химической обработки материалов затратны и не всегда экологически безопасны, в то время как природные минеральные отложения (глины, глинистые материалы, илы), обладающие высокими сорбционными свойствами, не имеют подобных отрицательных последствий. Была выдвинута гипотеза, в соответствии с которой добавки глинистых материалов должны создавать дополнительные центры сорбции в структуре органоминеральных композиций.

В соответствии с поставленной целью необходимо решение следующих задач:

- изучение влияния минеральных добавок на скорость и емкость поглощения различных сред органоминеральными сорбентами;
- оценка воздействия глинистых добавок на формирование и грануляцию образцов;

- исследование процесса сушки композиционных материалов;
- изучение поглотительных свойств модифицированных сорбентов.

Методика исследований

Эксперименты проводились с торфяными кусками цилиндрической формы (диаметр 30 мм, длина 45 мм), сформованными в шнековом перерабатывающем устройстве методом экструзии, и сферическими гранулами (размер гранул находился в диапазоне 5...12 мм), полученными методом окатывания в тарельчатом грануляторе. Образцы изготавливались из раздробленного верхового пушицево-сфагнового торфа средней степени разложения, и различных видов глинистых материалов: кембрийской и каолиновой глинами, а также глинистым мергелем. Композиции на основе этих материалов изготавливались в пропорциях, рассчитанных по массе сухого вещества.

Сушка экспериментальных образцов осуществлялась при конвективном ($T = 291...296$ К) и радиационно-конвективном теплоподводе ($T = 303...353$ К) при относительной влажности воздуха $= 70 \pm 10$ %. В процессе обезвоживания по стандартным методикам [2] определялись следующие водно-физические и структурные характеристики: влагосодержание, изменение размеров (усадка), распределение влагосодержания по сечению образцов, разрушающая нагрузка при одноосном сжатии, капиллярное давление в материале при сушке, скорость водопоглощения и другие показатели.

Результаты исследований

Критериями оценки формуемости материала на тарельчатом грануляторе служили время образования устойчивых гранул, их внешний вид (коэффициент формы) и начальное влагосодержание.

При грануляции торфоминеральных смесей отмечено увеличение скорости окатывания по сравнению с чистым торфом, и повышение качества сферических гранул (коэффициент формы не превышает 1.1), что объясняется связующей способностью глин. Они являются активными гидрофильными компонентами, которые внедряются в структуру торфа и взаимодействуют с макромолекулами органического вещества. При этом молекулы воды, вносимые при окатывании, интенсивнее проникают в композиционную гранулу через глинистый гидрофильный «мостик», несмотря на противодействие гидрофобных участков органического вещества торфа.

Оптимальное влагосодержание подготовленного для дробления торфа находится в районе 1 кг/кг. Смачивание при окатывании повышает его значение более чем в 2 раза [3]. При добавлении глин потребность в дополнитель-

ном увлажнении для образования окатышей значительно снижается (рис. 1). Как следует из экстраполированной зависимости, при концентрации глины 100 % влага формования находится в пределах 0.3-0.35 кг/кг, что соответствует экспериментальным данным по формованию глинистых материалов. Аналогичные особенности подтверждаются и для метода экструзии.

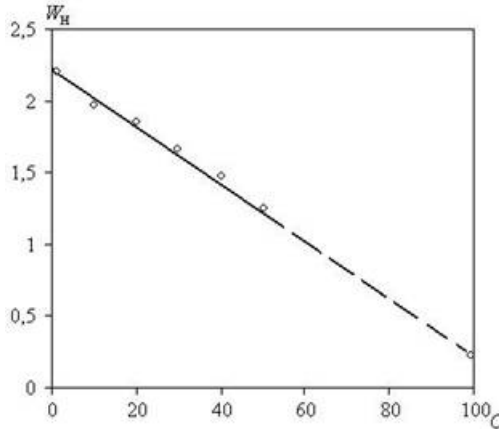


Рис. 1. Зависимость начального влагосодержания гранул W_n , кг/кг от концентрации C , % каолиновой глины (средний диаметр гранул 8.5 мм).

Исследование сушки органоминеральных материалов показало, что минеральный компонент способствует снижению неравномерности в распределении влаги, что в соответствии с теорией тепло- и массопереноса [4] подтверждается уменьшением интенсивности испарения.

Для сферических гранулированных образцов были получены кривые зависимости водопоглощения V от времени, а также водопоглощение через 48 часов V_{48} , условно соответствующее максимально возможному [2]. Из анализа графика зависимости V_{48} от концентрации каолиновой глины (рис. 2) следует, что тенденция к увеличению данного показателя наблюдается практически для всех фракций до $C = 40$ %.

Поскольку скорость поглощения изменяется по мере насыщения материала, то для анализа кинетики была использована методика, в соответствии с которой сорбция рассматривается как многостадийный процесс, каждому этапу которого соответствует константа водопоглощения k_i .

Для большинства сорбционных материалов практический интерес представляет поглощение не до состояния полного насыщения, поэтому исследовался начальный период и соответствующая ему константа k_1 . Анализ полученных данных показал, что константа k_1 увеличивается по мере роста концентрации минерального компонента.

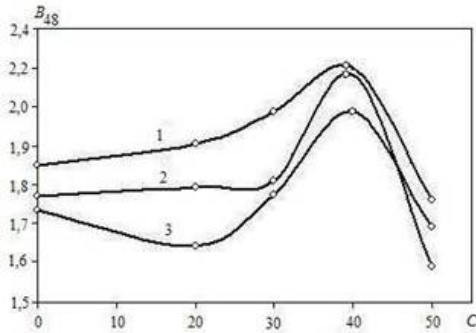


Рис. 2. Зависимость водопоглощения через 48 часов B_{48} от концентрации C , % минеральной составляющей (каолиновая глина) для гранулированных торфоперегночных образцов: 1 – $d \approx 11$ мм, 2 – 7,5 мм, 3 – 5 мм.

Технологическая схема производства торфяных сорбционных материалов предполагает сушку, поэтому при рассмотрении кинетики сорбции композиций необходимо уделять внимание влиянию температурного фактора на ее изменение.

При анализе свойств композиционных материалов, высушенных при различных температурных режимах, было установлено, что чем выше температура сушки, тем сильнее проявляются необратимые процессы в структуре материала и больше времени требуется для его насыщения (рис. 3).

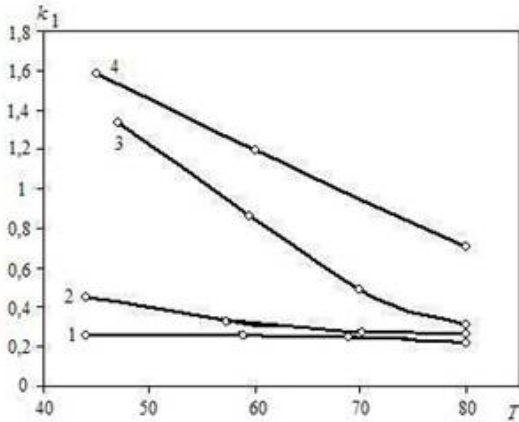


Рис. 3. Зависимость константы водопоглощения k_1 , 1/мин от температуры сушки при различной концентрации глины: 1 – 10 %, 2 – 20 %, 3 – 30 %, 4 – 40 % ($d = 8$ мм).

Для обоснования возможности улучшения характеристик гранулированных сорбентов было проведено исследование свойств материала при его модификации методом термической обработки. Гранулированный материал ($d = 5$ мм) с добавками каолиновой глины был подвергнут обработке при $T = 250 \dots 300^\circ\text{C}$, при этом сорбент частично начал обугливаться с выделением летучих фракций. Как следует из анализа полученных зависимостей (рис. 4), подвергнутая модификации органическая составляющая материала приобретает новые свойства. Минеральный компонент при подобной обработке практически не изменяется, что связано в основном с небольшим выделением влаги (при увеличении температуры от 105 до 250°C масса минерального компонента уменьшается примерно на 0.4%). Изменение водопоглоительных свойств глины при спекании возможно при высоких температурах ($T = 1100 \dots 1300^\circ\text{C}$).

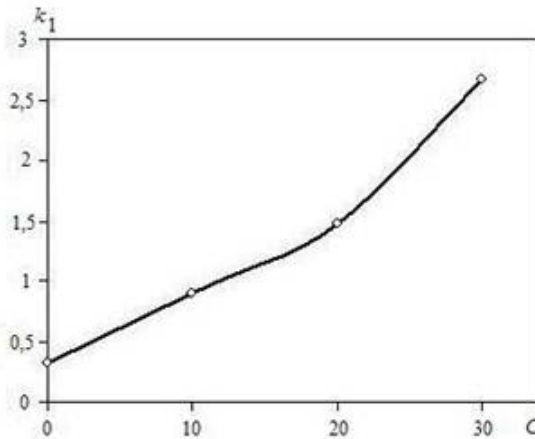


Рис. 4. Зависимость константы водопоглощения k_1 , 1/мин от концентрации C , % каолиновой глины для термически обработанных гранул ($d = 6$ мм).

Предположительно, начальная скорость поглощения для такого сорбента определяется развитой пористой структурой модифицированной органической составляющей и гидрофильными свойствами глины.

Заключение

Таким образом, добавки глинистых материалов интенсифицируют сорбционные свойства торфа, повышая скорость и емкость поглощения, а также улучшают технологические показатели на различных стадиях производства.

Литература

1. Испирян С.Р. Разработка методики комплексной оценки поглощения торфом нефтемаслопродуктов. Дис.... канд. техн. наук. Тверь, 2001. 149 с.
2. Лиштван И.И., Король Н.Т. Основные свойства торфа и методы их определения. Минск, 1975. 320 с.
3. Непша В.Г. Исследование процесса гранулирования торфа методом окатывания в тарельчатом грануляторе. Дис.... канд. техн. наук. Тверь, 1981. 175 с. 4. Лыков А.В., Михайлов Ю.А. Теория тепло- и массопереноса. М., 1963. 535 с.

Water-physical properties and structurization research of composite sorbents on the basis of peat

A.E. Timofeev, E.Iu. Isaeva

Production of peat sorbents is complicated the irreversible phenomena in structure therefore the additional technological operations are necessary. It was established, that addition of clay materials in peat allows to increase sorption capacity and sorption speed. Improvement of qualitative characteristics at stages of formation and drying of peat-mineral materials in comparison with peat is revealed. Temperature processing of composite granules indicates an opportunity of their thermal modification for the purpose of making hydrophilic sorbent with the advanced porous structure.

Изучение свойств гуминовых веществ хемилюминесцентными методами

**М.В. Трегубкина¹, И.В. Соколова¹, О.Н. Чайковская¹,
Н.С. Кудряшева², Е.С. Федорова²**

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

²Институт биофизики СО РАН, г. Красноярск

В работе исследовано люминесцентными методами изменение токсичности водных растворов фенола в отсутствие и присутствии гуминовых веществ ("Гумат-80" г. Иркутск, Россия) под действием УФ-излучения различных источников. Установлено, что при облучении УФ-излучением эксилампы ($\lambda = 222$ нм) эффективность фотопревращения фенола в воде и токсичность этого раствора наибольшие. Показано, что детоксикация водного раствора фенола происходит в результате

УФ-облучения эксилампой с $\lambda = 308$ нм или при добавлении гуминовых веществ в отсутствие УФ-облучения. Показано, что под действием УФ-излучения эксилампы ($\lambda_{\text{изл}} = 308$ нм) резко увеличивается токсичность растворов фенола в присутствии гуминовых веществ по сравнению с водным раствором.

Одним из возможных методов детоксикации водных растворов фенола является применение гуминовых веществ (ГВ) – продуктов естественной трансформации различных органических веществ в почве. Гумусовые кислоты способны связывать в прочные комплексы, как ионы металлов так и органические экотоксиканты в загрязненных водах и почвенных средах [1, 2]. Экологические последствия такого связывания – изменения форм существования экотоксикантов и их миграционной способности, уменьшение биодоступности. Последнее обстоятельство весьма важно и связано с тем, что максимальной активностью обладает свободная форма токсиканта. Связанное вещество свою токсичность теряет.

В данной работе к спектрально-люминесцентным исследованиям мы добавили биолюминесцентные исследования токсичности полученных после УФ обработки растворов. Для мониторинга токсичности различных растворов поллютантов удобно использовать биологические тестовые системы, основанные на морских люминесцентных бактериях. Преимуществами этой тестовой системы является высокая скорость анализа, чувствительность, простота и возможность приборной регистрации токсичности [3].

Целью настоящей работы является комплексное изучение детоксицирующей способности гуминовых веществ водных растворов фенола под действием УФ-излучения различных источников.

Методика исследований

В качестве образца ГВ использовали препарат «Гумат-80» (ООО «Гумат», г. Иркутск, Россия). Концентрация ГВ была подобрана так, чтобы интенсивность биолюминесценции отличалась от контроля не более чем на 20 %.

В качестве источников УФ-излучения для фотохимических исследований использовались ртутная УФ лампа со стеклянным фильтром БС-8 (УФ+БС-8), который вырезает часть спектра короче 350 нм; а также новые современные источники - импульсные эксиплексные лампы барьерного разряда U-типа на рабочих молекулах KгCl^* ($\lambda_{\text{изл}} = 222$ нм) и XeCl^* ($\lambda_{\text{изл}} = 308$ нм). Время облучения лампами составляло 30 мин.

Электронные спектры поглощения и флуоресценции растворов фенола до и после облучения регистрировались на спектрофотометре

Spexord M40 и спектрофлуориметре CM2003 (Беларусь). Концентрация фенола («Aldrich») в растворах составляла 4×10^{-5} М.

Токсичность растворов фенола оценивали с помощью биолюминесцентного биотеста Микробиосенсор-677Ф, основанного на лиофильно высушенных люминесцентных бактериях *Photobacterium phosphoreum*, производимого в Институте биофизики СО РАН (г. Красноярск, Россия). Биолюминесцентные измерения выполняли на хемилюминометре производства фирмы «Ангстрем» (г. Новосибирск).

В проведенной работе токсичность растворов оценивали величиной биолюминесцентного индекса $БИ = I/I_0$, где I_0 – интенсивность биолюминесценции контрольного образца, I – интенсивность биолюминесценции бактерий в растворе в присутствии фенола ($C = 4 \cdot 10^{-5}$ М). Степень детоксикации растворов фенола характеризовали коэффициентом детоксикации: $K = БИ_{\text{эф}}/БИ^0$, где $БИ^0$ – величина биолюминесцентного индекса раствора фенола; $БИ_{\text{эф}}$ – максимальная величина биолюминесцентного индекса раствора фенола при добавлении ГВ или под действием УФ-облучения.

Результаты исследований

На рисунках 1 и 2 представлены люминесцентные характеристики фенола в воде, в отсутствие и присутствии ГВ, а также после облучения растворов. Как показывает рисунок 1, интенсивность полосы флуоресценции фенола в воде с добавлением ГВ падает в 15 раз по сравнению с водным раствором без смещения максимума полосы. В нашем случае это говорит о том, что фенол меняет свое микроокружение, например, образует комплекс с ГВ. Под действием УФ облучения происходит падение основной полосы флуоресценции фенола в области 296 нм, что указывает на фотолиз фенола. Как показывает рисунок 2, присутствие ГВ уменьшает воздействие фенола на люминесцентные бактерии: наблюдается рост интенсивности и длинноволновое смещение максимума полосы биолюминесценции (кривая 4 по сравнению с кривой 2), т.е. компенсирует токсичное воздействие фенола на тестовый биоорганизм.

Нами проведен биолюминесцентный мониторинг водных растворов одного из представителей класса фенолов – *nara*-крезола после применения различных факторов детоксикации (УФ-излучение, гуминовые кислоты, биодegradация). Как показывают результаты, представленные в таблице, водный раствор *nara*-крезола ($K=1$) является токсичным и в спектрах хемилюминесценции зафиксировано тушение биолюминесценции *Photobacream phosphoreum*. Добавление гуминовых кислот приводит к снижению токсичности изученного загрязнителя $K=9.5$ (см. табл., № 2). Наибольшая степень детоксикации зафиксирована при применении комп-

лексной обработки раствора *para*-крезола в присутствии гуминовых кислот (см. табл., № 13 и 14).

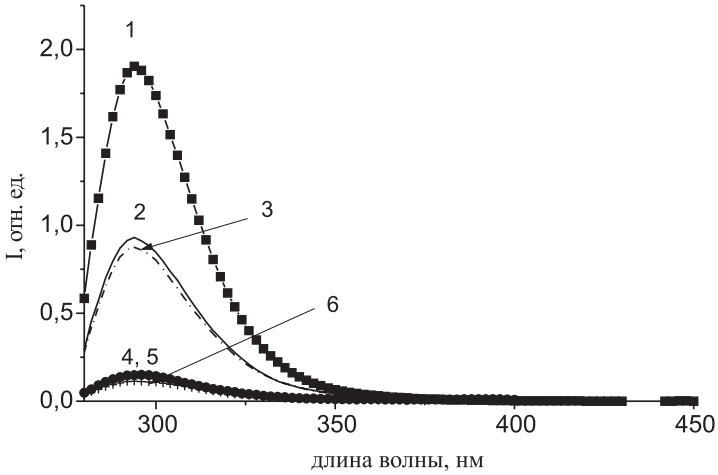


Рис. 1. Спектры флуоресценции фенола в воде (1) в различных условиях: 2 – под действием УФ-излучения ртутной лампы с фильтром БС-8; 3 – под действием УФ-излучения эксислампы ($\lambda = 308$ нм); 4 – с добавлением ГВ; 5 – с ГВ под действием облучения УФ-излучения эксислампы ($\lambda = 222$ нм); 6 – с ГВ под действием УФ-излучения эксислампы ($\lambda = 308$ нм).

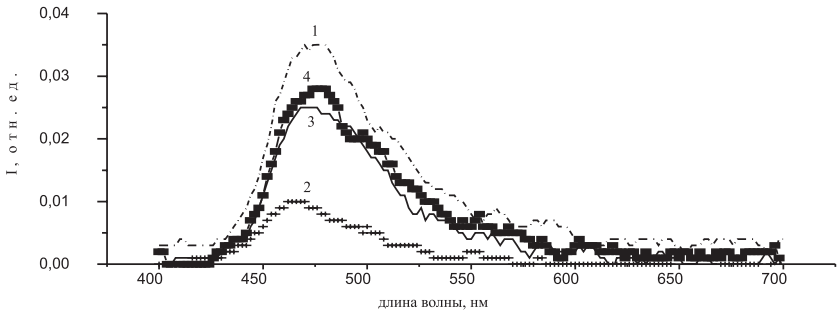


Рис. 2. Спектры биолюминесценции бактерий в водном растворе 3% NaCl (1) с добавками: 2 – фенол, 3 – гуминовое вещество, 4 – фенол+гуминовое вещество.

На рисунке 3 приведены результаты оценки токсичности всех растворов фенола, показаны величины БИ и К в отсутствии и присутствии ГВ. В обоих случаях представлено контрольное значение интенсивности

*Коэффициент детоксикации (K) различными факторами
(УФ-излучение, гуминовые кислоты, биodeградация) растворов пара-крезола*

№	Образец	K
1	Пара-крезол в воде	1
2	Пара-крезол в воде+гуминовые кислоты	9.5
3	Пара-крезол в воде +биodeградация	53.2
4	Пара-крезол в воде + УФ-облучение (308)	2.6
5	Пара-крезол в воде + УФ-облучение (308)+ биodeградация	53.1
6	Пара-крезол в воде + гуминовые кислоты + УФ-облучени (308)+ биodeградация	60.5
7	Пара-крезол в воде + УФ-облучение (222)	0.1
8	Пара-крезол в воде + УФ-облучение (Hg)	6.6
9	Пара-крезол в воде+ УФ-облучение (Hg)+ биodeградация	47.4
10	Пара-крезол в воде+ гуминовые кислоты+ УФ-облучение (Hg)+ биodeградация	55.7
11	Пара-крезол в воде+ гуминовые кислоты + биodeградация	55.2
12	Пара-крезол в воде + УФ-облучение (Hg)+ биodeградация n	47.4
13	Пара-крезол в воде + гуминовые кислоты + УФ- облучение(Hg)+ биodeградация	60.6
14	Пара-крезол в воде + гуминовые кислоты + УФ-облучение (222)+ биodeградация	60.1
15	Пара-крезол в воде+биodeградация+УФ-облучение (Hg)	68.1

биолюминесценции с токсикантом (фенол) (столбцы 1, 5) и под действием УФ-излучения - УФ+БС-8, $\lambda_{изл}=222$ нм, $\lambda_{изл}=308$ нм. Из полученных на опыте данных следует, что присутствие фенола подавляет интенсивность биолюминесценции бактерий (БИ=0.03), т.е. раствор фенола является токсичным. При облучении раствора фенола светом УФ $\lambda_{изл}=308$ нм наблюдается увеличение БИ и K (21). Это говорит о снижении токсичности данных растворов. Несмотря на то, что по флуоресцентным данным под действием излучения $\lambda_{изл}=222$ нм происходит наиболее эффективное фоторазложение фенола, величина БИ для этого раствора оказалась даже ниже, чем, для необлученного, что говорит об увеличении токсичности раствора (K=0.4), вероятно, из-за токсичных продуктов фоторазложения.

Присутствие ГВ в водном растворе фенола также не всегда приводит к его детоксикации. Из полученных данных следует, что добавление ГВ

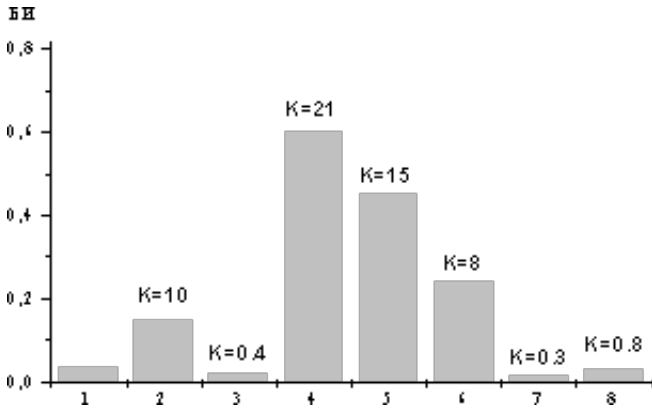


Рис. 3. Значения билюминесцентных индексов водных растворов фенола ($C=4 \cdot 10^{-5} M$): в отсутствии (1-4) и присутствии ГВ (5-8) под действием УФ-излучения: 1 - необлученный; 2, 6 - УФ+БС-8; 3, 7 - $\lambda_{изл}=222$ нм; 4, 8- $\lambda_{изл}=308$ нм.

в необлученный водный раствор фенола детоксицирует раствор. Облучение раствора фенола в присутствии ГВ для всех используемых источников УФ-излучения приводит к уменьшению величин БИ и К по отношению к необлученному раствору. Вероятно, продукты фотолитиза, как фенола, так и гуминовых веществ в системе фенол+ГВ являются токсичными для тестового биоорганизма.

Таким образом, результаты билюминесцентного мониторинга растворов фенола показывают, что наиболее эффективная детоксикация раствора происходит в результате облучения УФ-излучением эксилампы с $\lambda_{изл}=308$ нм, а также при добавлении гуминовых веществ в отсутствие УФ облучения различных источников.

Работа поддержана грантами РФФИ (№ 05-07-98002 р_объ_в, № 06-08-01380).

Литература

1. Орлов Д.С. Гумусовые кислоты почв и общая теория гумификации. М., 1990. 325 с.
2. Орлов Д.С. Гуминовые вещества в биосфере // Соросовский образовательный журнал. 1997. № 2. С. 56–63.
3. N.S.Kudryasheva, V.A.Kratasyuk, E.N.Esimbekova et al. Field Analytical Chemical Technologies. 1998. V. 2. P. 277-280.

Study of humic substances properties by chemiluminescent methods

**M.V. Tregubkina, I.V. Sokolova, O.N. Tchaikovskaya,
N.S. Kudryasheva, E.S. Fedorova**

The dependence of phenol toxicity in the absence and presence humic substances ("Gumat-80", Irkutsk, Russia) on UV-irradiation from different sources was studied by luminescence method. Under exposed excilamps irradiation ($\lambda = 222$ nm) both the efficiency of phenol phototransformation and the toxicity of phenol solution were higher than under exposed mercury lamp and $\lambda = 308$ nm irradiation. The detoxication of phenol by humic substances (HS) or $\lambda = 308$ nm irradiation was established using bioluminescence technique. Under exposed $\lambda = 308$ nm irradiation the toxicity of phenol solutions was high in the presence humic substances.

Направления исследований болот Вологодской области

Д.А. Филиппов

Вологодский государственный педагогический университет, г. Вологда,
philippov_d@mail.ru

Рассматриваются вопросы истории и направления изучения болот Вологодской области. Автор выделяет две группы направлений (ресурсоведческую и собственно болотоведческую), в рамках которых и проводились немногочисленные и спорадические исследования. К перспективным направлениям следует отнести исследования проблем инвентаризации, экологии, рационального использования, охраны болот и разработку региональной политики в отношении водно-болотных угодий.

Современное отечественное болотоведение вплотную подошло к необходимости перехода от описательного к функциональному этапу [1]. Накопленные, за более чем столетний период, материалы по исследованию болот России требуют обобщения и некоторого переосмысления с использованием современных подходов и методов. Изученность болот различных субъектов федерации очень сильно отличается, что связано, прежде всего, с наличием на их территории болотоведческих коллективов, школ или отдельных специалистов. В отличие от ряда сопредельных регионов (Ленинградская, Тверская, Ярославская области, Республика Карелия), исследования болот Вологодской области носили зачастую случайный, спонтанный и спорадический характер, что напрямую отразилось и на состоянии их изученности.

К настоящему времени известно менее 200 публикаций, посвященных различным аспектам изучения болотных экосистем Вологодской области.

Первые известные работы, содержащие сведения о болотах Вологодской области, относятся к последней четверти XIX века [2-4]. Утилитарный характер этих работ проявлялся уже в их названиях, например, «Георгиевское болото (хозяйственный очерк)» [2]. Только начиная с 1920-х гг. можно говорить о формировании отдельных направлений, из которых наибольшее развитие получило ресурсоведческое и меньшее – собственно болотоведческое. Выделенные группы направлений исследований не могли существовать самостоятельно, поэтому в своем развитии были взаимосвязаны и подготавливали смену друг друга. Доминирование одного из направлений определялось социально-политическими процессами, уровнем развития производства и науки. Несколько особняком стоят работы, посвященные охране болот [5, 6].

К ресурсоведческому направлению мы относим исследования, направленные на выявление площадей месторождений и запасов торфа, и в меньшей степени – на биологические ресурсы [7, 8]. Сложившееся и устоявшееся ложное восприятие обществом понятия «болото» (только как материального объекта) затрудняет изучение и использование социально-культурных (информационных и рекреационных) ресурсов, которые продолжают оставаться перспективными для исследований.

Использование болот как источника материальных ресурсов в промышленных масштабах началось в советское время. Основным направлением исследований стало изучение свойств торфяного сырья и особенностей размещения месторождений торфа. Данный подход господствовал вплоть до начала 1990-х гг. Многочисленные ресурсоведческие экспедиции позволили выявить на территории области 4500 торфяных болот, собрать воедино сведения по структуре и характеристике торфа и торфяной залежи для 2600 (2200 – до 1968 г.) наиболее ценных торфяных месторождений, данные о которых были дважды обобщены в «Торфяном фонде Вологодской области» [9, 10].

Естественно, что целью изучения были, прежде всего, проблемы прикладного характера, но параллельно решались крайне важные общие вопросы, связанные с распространением торфяных болот по территории Вологодской области. К сожалению, приходится констатировать, что узкая направленность исследований не позволила существовавшим образом расширить представления о болоте как многокомпонентном, многогранном и сложном объекте. Этот пробел в какой-то степени пытались компенсировать исследования второй группы направлений.

Группу собственно болотоведческих направлений составляют работы, связанные с изучением растительного покрова болот, и единичные

работы, посвященные вопросам их структуры [11, 12], динамики [13], палеогеографии и палеоботаники [14, 15], экологии [16, 17], районирования [18]. Разработке различных болотоведческих направлений начали уделять особое внимание только в последние годы. Данная группа в определенный момент снова уступит лидирующие позиции проблемам прикладного характера. Цикличность и диалектичность этого процесса естественна для любых наук, находящихся в развитии.

Важным разделом науки о болотах является геоботаническое болотоведение. Исследованием болот как ботанического объекта на территории Вологодской области занялись с конца 1920-х гг. Многие видные отечественные геоботаники и болотоведы (И.Д. Богдановская-Гиенэф, А.А. Корчагин, Т.А. Работнов, Ю.Д. Цинзерлинг, А.П. Шенников, Н.Я. Кац, С.Н. Тюремнов, В.Д. Лопатин, Н.И. Пьявченко, М.С. Боч, Т.К. Юрковская и др.) имели непродолжительные изыскания на вологодских болотах. Результаты этих исследований получили отражение в немногочисленных статьях [19-21] и нескольких монографиях по отечественным болотам [22, 23], но большая часть материалов так и не была опубликована. К настоящему времени нет ни одной обобщающей сводки по растительности болот Вологодской области. Некоторые данные можно найти в работах Р.В. Бобровского [24], В.П. Денисенкова и Н.Д. Немцевой по болотам Дарвинского заповедника [12, 13, 25], М.С. Боч и В.А. Смагина [26-28]. Схожая картина, отражающая скудный характер имеющихся сведений, наблюдается и во флористическом направлении. Флора болот начала привлекать внимание ученых только в последние десятилетия в связи с проблемой изучения биоразнообразия. К настоящему времени составлен список сосудистых растений болот области [29], который требует анализа, определенных изменений и значительных дополнений. Данные по бриофлоре болот области практически отсутствуют. Поэтому актуальными проблемами для исследования остаются вопросы классификации и инвентаризация видового и ценотического разнообразия болот Вологодской области.

Одной из наиболее важных региональных болотоведческих работ является статья Т.Г. Абрамовой [18], содержащая данные о распространении, развитии, возможностях использования болот, а также единственное районирование болот области в нынешних ее границах. За прошедшие 40 лет аналогов этой работы так и не появилось.

Анализ региональных работ позволяет констатировать что: 1) болотные экосистемы Вологодской области изучены недостаточно; 2) значительный объем исследований посвящен изучению торфяных ресурсов (площадей месторождений и запасов торфа с целью использования в промышленности и сельском хозяйстве); 3) ряд работ имеет фрагментарный и компилятивный характер (зачастую на основе данных «Торфяного фон-

да...» [9]); 4) отсутствуют системные исследования; 5) практически без внимания остаются проблемы фундаментального характера (структуры, функционирования, динамики, классификации, генезиса); 6) возникает необходимость обобщения и переосмысления материала с позиций биоразнообразия и рационального комплексного использования с применением системных экологических и синергетических подходов.

Осознание и признание болота как экологического объекта, способствует формулированию перспективных направлений исследований болотных экосистем Вологодской области. Скорее всего, в первой четверти текущего столетия основное внимание при исследовании болот будет уделено проблемам: 1) биоразнообразия; 2) структуры, динамики и генезиса; 3) классификации и районирования; 4) рационального использования и охраны. Положительным промежуточным результатом следует считать разработку научно обоснованной и подкрепленной правовой базой региональной политики в отношении водно-болотных угодий Вологодской области.

Литература

1. Лисс О.Л. Важнейшие направления современного болотоведения // Болота и заболоченные леса в свете задач устойчивого природопользования. Материалы совещания. М., 1999. С. 66-69.

2. Волоцкий В.А. Георгиевское болото (хозяйственный очерк) // Вологодские губернские ведомости. 1875. № 68. С. 2-3.

3. Августинович И. Краткий обзор болот и их осушения на Севере России и деятельность Северной экспедиции по исследованию и осушению болот за десятилетие с 1875 по 1884 год // Лесной журнал. 1885. Вып. 10. С. 445-459.

4. Августинович И. О ходе работ по исследованию и осушению болот в С.-Петербургской, Новгородской, Псковской, Вологодской и Ярославской губернии и по осмотру в Лифляндской и Курляндской губернии // Лесной журнал. 1887. Вып. 2. С. 210-223.

5. Уханов В.П., Сакович А.В. Охраняемые болота // Особо охраняемые природные территории, растения и животные Вологодской области. Вологда, 1993. С. 172-179.

6. Филиппов Д.А. Ресурсы болотных экосистем Вологодской области и их охрана // Болотные экосистемы севера Европы: разнообразие, динамика, углеродный баланс, ресурсы и охрана / Матер. межд. симп. (Петрозаводск, 30 августа – 2 сентября 2005 г.). Петрозаводск, 2006. С. 255-266.

7. Черкасов А.Ф. Запасы ягод клюквы в Костромской, Ярославской, Калининской, Новгородской и Вологодской областях // Болота и болотные ягодники / Тр. Дарвин. заповедника. Вологда, 1979. Вып. 15. С. 126-133.

8. Паланов А.В., Сулова Т.А., Антонова В.И. Биоразнообразие флоры болот Вологодской области // Болота и заболоченные леса в свете задач устойчивого природопользования / Материалы совещания. М., 1999. С. 365-368.

9. Торфяной фонд РСФСР. Вологодская область. М., 1955. 652 с.

10. Торфяной фонд РСФСР. Вологодская область. М., 1970. 676 с.

11. Денисенков В.П. Стратиграфия торфяных залежей болот, юго-восточной части Дарвинского государственного заповедника // Тр. Дарвин. заповедника. Вологда, 1968. Вып. 9. С. 79-93.

12. Денисенков В.П. Растительность и стратиграфия залежи болот Дарвинского заповедника: Автореф. дис. ... канд. геогр. наук. Л., 1969. 23 с.

13. Немцева Н.Д. К вопросу о динамике растительности верховых болот Дарвинского заповедника (на примере болота Большой мох) // Болота охраняемых территорий: проблемы охраны и мониторинга / Тез. докл. XI Всесоюзн. полевого семинара-экскурсии по болотоведению. Л., 1991. С. 57-59.

14. Кордэ Н.В. Некоторые данные к истории болот Дарвинского государственного заповедника // Тр. Дарвин. заповедника. Вологда, 1968. Вып. 9. С. 94-103.

15. Денисенков В.П., Калугина Л.В., Хомутова В.И. О палеоботанической характеристике болот центральной части Молого-Шекснинской низменности // Северо-Запад европейской части СССР. Л., 1976. Вып. 10. С. 113-122.

16. Пьявченко Н.И. Заболочивание лесов в бассейне Шексны // Тр. Ин-та леса АН СССР. М., 1953. Т. XIII. С. 51-76.

17. Кудинов К.А., Писанов В.С. Стадии и циклы развития экосистем лесных болот Молого-Шекснинского междуречья // Болота и болотные ягодники / Тр. Дарвин. заповедника. Вологда, 1979. Вып. 15. С. 59-62.

18. Абрамова Т.Г. Болота Вологодской области, их районирование и сельскохозяйственное использование // Северо-Запад европейской части СССР. Л., 1965. Вып. 4. С. 65-93.

19. Работнов Т.А. Болота б. Никольского уезда Северо-Двинской губ. // Изв. Лугового ин-та. 1929. №4-6. С. 34-47.

20. Кац Н.Я. Болота европейской части Союза ССР. 2. Водные и болотные растительные ценозы и закономерности их структуры // Бот. журн. СССР. 1936. Т. 21. №4. С. 431-472.

21. Лопатин В.Д. Растительные ассоциации и фации болота «Чистый мох» // Учен. зап. ЛГУ. Т. 213. Сер. геогр. наук. Л., 1956. Вып. II. С. 240-256.

22. Цинзерлинг Ю.Д. География растительного покрова Северо-Запада Европейской части СССР // Тр. Геоморф. ин-та АН СССР. Л.: Изд-во АН СССР, 1932. Вып. 4. 377 с.

23. Кац Н.Я. Типы болот СССР и Западной Европы и их географическое распространение. М., 1948. 320 с.

24. Бобровский Р.В. Растительный покров Вологодской области // Природа Вологодской области. Вологда, 1957. С. 210-299.

25. Денисенков В.П. Изменение растительности болот Молого-Шекнинской низменности под воздействием хозяйственной деятельности человека // Современные проблемы биогеографии. Л., 1980. С. 69-78.

26. Боч М.С., Смагин В.А. Флора и растительность болот Северо-Запада России и принципы их охраны. С-Пб., 1993. 223 с.

27. Смагин В.А. Растительность низинных осоковых болот севера Европейской России (в пределах таежной зоны) // Бот. журн. 2000. Т. 85. № 4. С. 104-115.

28. Смагин В.А., Боч М.С. Флора и растительность болот европейского Севера России (в пределах таежной зоны) // Бот. журн. 2001. Т. 86. № 6. С. 40-55.

29. Левашов А.Н., Сулова Т.А., Шестакова Л.Г. Мониторинг болот // Комплексная экологическая практика школьников и студентов. С-Пб., 2002. С. 50-76.

Directions of researches of the Vologda region mires

D.A. Philippov

In article questions of a history and an orientation of researches Vologda region mires are considered. Applied (mire resources researches) and fundamental (peat land science researches) directions developed in parallel, but the first prevailed during almost all 20th century. In last years the greater attention is given to not applied researches mires. To perspective directions of researches the author carries inventory of a mire biodiversity, and also questions of ecology, rational use and protection of mire ecosystems.

Биологическая активность лечебных торфов юга Западной Сибири

М.Г. Фисенко, Т.М. Тронова, Н.Г. Клопотова, О.В. Арсеньева

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

Рассмотрен физико-химический, микробиологический состав, анти-микробные свойства, ферментативная активность и роль исследуемых факторов в формировании биологической активности низинных лечебных торфов двух месторождений юга Западной Сибири.

Вопросы биологической активности торфов чрезвычайно важны при их применении в лечебной практике. В Томском НИИ курортологии и физиотерапии на протяжении ряда лет исследовались физико-химические характеристики и биологическая активность торфяного месторождения «Калачёвский лог» санатория «Прокопьевский» Кемеровской области и торфяного месторождения Тимирязевское Томского района Томской области.

Методика исследований

Исследования торфов включали изучение физико-химических показателей по общепринятым критериям оценки кондиционности пелоида: минерализации грязевого раствора, зольности, реакции среды (рН), влажности, засорённости включениями, степени разложения, объёмному весу, содержанию органических веществ согласно [1]. Кроме того, определялся состав микрофлоры, антимикробная и ферментативная активность [2] и санитарно-микробиологическое состояние торфов [3].

Результаты исследований

Торфяное месторождение «Калачёвский лог» расположено в 1 км от д. Лучшево Прокопьевского района Кемеровской области. По результатам рекогносцировочной разведки торфяное месторождение площадью 10 га 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 [4].

Физико-химические свойства торфа (по данным 2004 г.) соответствуют нормативам для лечебных торфов: влажность – 56.3 %, объёмный вес – 0.58 г/см³, зольность – 60.2 %, содержание органических веществ – 33.2 %, степень разложения торфа – более 40 %, реакция среды слабощелочная (рН 7.3–7.6), засорённость представлена растительными остатками менее 10 % на сухое вещество. Минерализация грязевого раствора 0.175–0.281 г/дм³ сульфатно-гидрокарбонатного или гидрокарбонатного смешанного анионного состава. Запасы торфа «Калачёвский лог» составляют 259.6 тыс. т (236 тыс. м³).

Санитарно-микробиологические показатели торфяной грязи следующие: титр кокиформных бактерий – 1.0–10, титр клостридий перфрингенс – 0.1, общее микробное число – 200000 КОЕ/г, синегнойная палочка – отсутствует.

Торфяное месторождение «Тимирязевское» расположено в 8 км к юго-западу от г. Томска. Торф осоково-древесный низинного типа. Физико-химические показатели следующие: влажность торфяной залежи колеблется от 40 до 75.6 %, зольность – 27.2 %, степень разложения до 35 %, засорённость частицами песка, галькой более 2 %, реакция среды грязевого раствора слабощелочная (рН 7.2-7.5), минерализация грязевого раствора менее 1.0 г/дм³. Содержание органических веществ по $C_{орг}$ 28-49.9 %, в том числе липидов - 1.2 %; гумусовых веществ – 48.7 % от общего содержания органического вещества, содержание азота – 2 %.

Санитарно-микробиологические показатели торфа: титр колиформных бактерий – 1.0, титр клостридий перфрингенс – 0.1, общее микробное число – 500000 КОЕ/г, синегнойная палочка – отсутствует.

Процесс разложения растительных остатков, торфообразования и биологическая активность торфов во многом обуславливается жизнедеятельностью микроорганизмов в круговоротах азота, углерода, серы, железа. Состав микрофлоры на уровне физиологических групп микроорганизмов представлен в таблице 1.

Таблица 1

*Микрофлора торфяных месторождений
«Калачёвский лог» и «Тимирязевское»*

Физиологические группы микроорганизмов, микробных клеток/г	«Калачёвский лог»	«Тимирязевское»
Олигонитрофилы	18	130
Аммонифицирующие	104	104
Денитрифицирующие	102	105
Азотобактерии	103	102
Гетеротрофы	2003	3003
Микобактерии сапрофиты	103	103
Гуминообразующие	10	102
Клетчаткоразрушающие аэробы	10	10 ⁴
анаэробы	10 ²	10
Маслянокислого брожения	не опр.	10 ³
Сульфатредуцирующие	1.0	не обн.
Плесневые грибки	60	110

Исследования показали, что доминирующей микрофлорой в данных торфах являются группы бактерий, разлагающие сложные азотистые соединения до более простых, обогащая торф биологически активным азотом, углекислотой, повышая содержание органических веществ. Представляет интерес деятельность групп бактерий, участвующих в круговороте углерода. Благодаря микробиологическим процессам гумификации идёт накопление в торфах гуминовых, фульвокислот, битумов, обладающих биологической активностью и лечебным эффектом [5]. Присутствие бактерий маслянокислого брожения, клетчаткоразрушающих аэробов и анаэробов способствует разложению растительных остатков, превращая полимерные органические соединения в мономерные легкоминерализуемые вещества и тем самым, повышая степень разложения торфов, влажность и их биологическую активность [6]. Процессы, связанные с биохимическим преобразованием серы, в исследуемых торфах развиты слабо.

Среди гетеротрофов присутствуют бактерии р. *Bacillus*, *Bac. mycoides*, *Bac. mesentericus* и др.; плесневые грибки, обладающие мощным ферментативным аппаратом. Ферментативная активность торфов месторождения «Калачёвский лог» представлена в таблице 2 [7].

Таблица 2

*Ферментативная активность торфов торфяного месторождения
«Калачёвский лог»*

Ферменты	«Калачёвский лог»
Каталаза, мл O ₂ /мин. на 10 г	26.5
Полифенолоксидаза, мг бензохинона на 10 г за 30 мин.	10.27
Пероксидаза, мг бензохинона на 10 г 30 мин.	24.0
Дегидрогеназа, мг ТТФ на 10 г за 24 ч.	480.8
Протеаза, мг аминного азота на 100 г за 20 ч.	167.5

Активность оксидоредуктаз усиливает окислительные процессы с активизацией водорода до перекисной формы. Перекись водорода используют пероксидазы, способные окислять фенолы. Дегидрогеназы катализируют дегидрирование органических кислот, углеводов, жиров и др. Активность протеаз усиливает расщепление белков до аминокислот и может оказывать влияние на антимикробные свойства торфа в отношении условно-патогенных микроорганизмов.

Анализ ферментативной активности торфов торфяного месторождения «Тимирязевский», к сожалению, не проводился, но были поставлены экспериментальные наблюдения по антимикробной способности торфа в

отношении культур стафилококка золотистого № 209 и кишечной палочки. Выявлена незначительная активность торфа в отношении стафилококка золотистого (диаметр зоны угнетения роста тест – микроорганизма до 8 мм при аппликации 1 г торфа) и отсутствие угнетения роста кишечной палочки.

Заключение

Таким образом, исследование микрофлоры, ферментативной активности и антимикробных свойств, изучаемых торфяных месторождений наряду с обязательными определениями кондиционных физико-химических и санитарно-микробиологических параметров позволили подтвердить их высокую степень биологической активности и значимость в качестве лечебных торфяных грязей.

Низинный торф месторождения «Калачёвский лог» с успехом применяется в лечебной практике санатория «Прокопьевский» Кемеровской области, низинный торф месторождения «Тимирязевское» применяется в клинике Томского НИИ курортологии и физиотерапии, в санатории–профилактории «Строитель» и др.

Наряду с положительными моментами применения торфов в лечебных целях, следует отметить необходимость выделения специальных участков разработанных торфяных месторождений с кондиционными параметрами для медицинских целей, так как в связи с интенсивной разработкой месторождений вблизи городов для сельскохозяйственных нужд торфа загрязняются и истощаются и лечебные учреждения остаются без ценного природного биологически активного сырья.

Литература

1. Классификация минеральных вод и лечебных грязей для целей их сертификации. Методические указания МЗ РФ № 2000/34 / Сост. Адилев В.Б., Зотова В.И. и др. М., 2000. 75 с.
2. Оценка качества пелоидов по биохимическим показателям и антимикробной активности. Пособие для врачей МЗ РФ, ТНИИКиФ /Сост. Джабарова Н.К., Карелина О.А., Тронова Т.М., Томск, 2002. 19 с.
3. Методические указания по санитарно-микробиологическому анализу лечебных грязей /МУ 143-9/ 316-17. М., 1989. 25 с.
4. Джабарова Н.К., Тронова Т.М. Оценка и перспективы освоения торфяных ресурсов Кемеровской области для бальнеологии // Торфяная промышленность, 1993. С. 33-34.
5. Царфис П.Г. Лечебные грязи и другие природные теплоносители. М., 1990. 126 с.

6. Звягинцев Д.Г., Добровольская Т.Г. и др. Структура сапротрофного комплекса микроорганизмов в торфяниках // Микробиология. 1991. Т. 60. Вып. 6. С. 155-164.

7. Джабарова Н.К., Сидоренко Г.Н., Будник В.В. Комплексный подход к исследованиям органических пелоидов Сибири // Актуальные вопросы пелоидобальнеотерапии. Одесса, 1990. С. 16–17.

Biological activity of medical peats in south of West Siberia

M.G. Fisenko, T.M. Tronova, N.G. Klopotova, O.V. Arsenjeva

The physics-chemical microbiological structure, antimicrobial property, enzymes and role of investigated factors in forming of biological activity of lower medical peats in two fields in south of West Siberia were examined.

Водно-физические свойства и гидротермический режим олиготрофного болота

Ю.А. Харанжевская

Томский государственный педагогический университет, г. Томск,
labtor@yandex.ru

В работе приводится характеристика водно-физических свойств и гидротермического режима верхового болотного массива, расположенного в пределах водосбора р. Ключ за пятилетний период. В результате исследований был сделан вывод, что гидрологический режим и температурные условия торфяной залежи находятся в тесной взаимосвязи, а вид торфа и степень разложения оказывают влияние на процессы влаго- и теплопереноса, происходящие в ее пределах.

Торфяная залежь характеризуется своеобразными водно-физическими свойствами. Основу торфа составляют растительные остатки и продукты их распада. Эти компоненты, составляя разные сочетания в торфяной залежи, образуют слои, различающиеся по водопроницаемости и водно-физическим свойствам. Процессы тепло- и влагопереноса в этих слоях определяются, прежде всего, видом торфа и степенью разложения его растительных остатков. Поэтому целью данной работы является исследование водно-физических свойств и гидротермического режима торфяной залежи олиготрофного болота.

Методика исследований

Исследования проводились в пределах водораздельной болотной экосистемы, представляющей собой северо-восточные трюги Васюганского болота. Район исследований согласно районированию болот [1] отнесен к западносибирской таежной зоне бореально-атлантических выпуклых олиготрофных моховых болот активного заболачивания. Болотный массив располагается в пределах водосборного бассейна р. Ключ. Болотная экосистема включает типичную для данной территории последовательность олиготрофных биогеоценозов от грядово-мочажинного комплекса через топи до заболоченного леса - осоково-сфагновая топь (п. 5), сосново-кустарничково-сфагновый с низкой сосной (низкий рям, п. 3), сосново-кустарничково-сфагновый с высокой сосной (высокий рям, п. 2). Расположенный на окраине верхового болота п. 4, представлен также сосново-кустарничково-сфагновым фитоценозом с низкой сосной. Природные условия подробно изложены в [2].

Объемный вес определялся в образцах торфа, которые были отобраны согласно [3] в мерзлом состоянии до глубины 50 см. Удельный вес был определен с помощью пикнометров. Порозность - расчетным путем. Наблюдения за уровнями болотных вод проводились в соответствии с [3]. За нулевую отметку принята условная отметка средней поверхности болотного ландшафта в каждом из пунктов наблюдений. Температурный режим изучался по 10-ти сантиметровым слоям до минерального грунта с помощью стационарно заложенных датчиков, с периодичностью – 1 раз в неделю. Метеорологические данные предоставлены Томским областным центром по мониторингу окружающей среды.

Результаты исследований

Водно-физические свойства торфяной залежи – объемный и удельный вес – определяют основные процессы перемещения влаги в толще болотного массива. Величина пористости для торфов с низкой степенью разложения практически равна общей «влагоместимости» [4]. В сильно диспергированных торфах влагоместимость может несколько превышать порозность за счет повышенной плотности воды, физически связанной с поверхностью пор [5]. По данным [1], объемный вес торфов Западной Сибири несколько выше по сравнению с аналогичными видами торфа европейской территории России при одинаковых величинах степени разложения, влажности и зольности. Удельный вес торфа Западной Сибири характеризуется обратной тенденцией: более низкими значениями по сравнению с европейской территорией России. Рассмотрим водно-физические свойства пунктов исследования.

Водно-физические свойства торфяной залежи олиготрофного болота

Глубина, см	Вид торфа	Степень разложения, %	Объемная масса, г/см ³	Удельная масса, г/см ³	Порозность, %
п. 2					
0-10	сосново-пушицевый, верховой	35(40)	0.058 0.005	1.45 0.00	96
10-20	пушицевый, верховой	45	0.081 0.018	1.42 0.007	94
20-30	пушицевый, верховой	50-55	0.108 0.019	1.41 0.00	92
30-40	осоково-пушицевый, переходный	55(60)	0.113 0.013	1.45 0.014	92
40-50	осоково-пушицевый, переходный	55	0.115 0.020	1.42 0.00	92
п. 3					
10-20	фускум, верховой	0-5	0.021 0.001	1.64 0.145	99
20-30	фускум, верховой	0	0.032 0.002	1.62 0.102	98
30-40	фускум, верховой	0	0.046 0.012	1.61 0.107	97
40-50	фускум, верховой	0-5	0.047 0.002	1.55 0.071	97
п. 5					
0-10	фускум, верховой	0	0.021 0.004	1.53 0.015	99
10-20	медиум, верховой	0-5	0.054 0.014	не опр.	-
20-30	медиум, верховой	0-5	не опр.	1.48 0.007	-

В целом по территории болотного массива наблюдается увеличение объемной массы с глубиной (табл. 1). Торфяная залежь п. 3 с фускум-торфом и низкой степенью разложения характеризуется наименьшей величиной объемной массы. Объемная масса в п. 5 несколько выше по сравнению с п. 3 при одинаковой степени разложения. В торфяной залежи п. 2, сложенной пушицевым и осоково-пушицевым видами торфа наблюдается общее увеличение объемной массы, пределы изменения составляют от 0.06 до 0.12 г/см³, степень разложения характеризуется как высокая. Следовательно, увеличение объемной массы является признаком не только увеличения степени разложения, но и изменения вида торфа.

Анализ величин удельного веса в исследуемых пунктах наблюдений показал, что удельный вес также зависит от степени разложения: в более разложившихся торфах п. 2 наблюдается уменьшение удельного веса в среднем на 0.20 г/см³ по сравнению п. 3. При этом также отмечается уменьшение удельной массы с глубиной в связи с ростом степени разложения. Порозность в поверхностном горизонте п. 3, п. 5 составляет 99 %. С глубиной наблюдается закономерное уменьшение величины до 97 %. В п. 2 наблюдается более низкие значения порозности. Например, в верхнем 10 см слое она составила 96 %. Исследования показали, что водно-физические свойства естественного болотного массива в пределах верхней части торфяной залежи зависят от ботанического состава и степени разложения.

Согласно [6], на естественных болотах активной зоной влагооборота и теплообмена служит относительно тонкий верхний слой торфяной залежи. Благодаря его достаточно высокой пористости, как отмечено выше, происходит беспрепятственное движение воды, путем фильтрации. Уровень болотных вод (УБВ) является показателем величины поступления атмосферных осадков. Сезонные колебания УБВ обусловлены структурой торфяной залежи, геоморфологией территории болота, а также скоростью стекания снеговых вод и характером распределения жидких осадков. Неравномерность распределения снежного покрова по территории олиготрофного болота обуславливает промерзание торфяной залежи в зимний период и неравномерность весеннего увлажнения. Рассмотрим режим уровней болотных вод за период наблюдений 2001-2005 гг. в пунктах олиготрофного болота, различающихся по генетическим особенностям. В среднем за пять лет УБВ в п. 2 составило – 26 см, п. 3 – (-1 см), п. 4 – (-33 см), п. 5 – 2 см. Следует заметить, что режим УБВ в п. 2 и п. 4 обладает большим сходством. На общие условия водного режима указывает и сходный тип растительности, представленный сосново-кустарничково-сфагновым фитоценозом. Амплитуда колебаний уровней в этих пунктах в среднем за пять лет составляет 70 см, при этом п. 4 характеризуется более низкими уровнями по сравнению с п. 2. Годовой ход

уровней болотных вод характеризуется резким подъемом в период весеннего снеготаяния, низкой зимней меженью и относительно высоким стоянием в течение всего летне-осеннего периода. В течение летнего периода уровни на болоте удерживаются на достаточно высокой отметке за счет весеннего таяния снега и летних осадков. К концу летнего периода наблюдается общий спад уровней, который нарушается незначительными подъемами за счет выпадающих осадков. Колебания уровней на рассматриваемых пунктах наблюдений в основном синхронны, различны только амплитуды. Как отмечено выше, наибольшими амплитудами характеризуется п. 2 и п. 4. Далее при движении к центру болотного массива высота стояния уровней повышается, а амплитуды уровней соответственно уменьшаются, и составляют: п. 3 – 53 см, п. 5 – 22 см.

Температурный режим участвует в процессах формирования стока. Весной глубина промерзания влияет на интенсивность оттаивания торфяной залежи. В период летне-осенней межени наблюдается повышение температуры торфяной залежи и активизация процесса испарения за счет понижения УБВ. Рассмотрим температурный режим олиготрофного болотного массива (табл. 2). В целом при рассмотрении температурного режима торфяной залежи отмечено, что ход температуры в течение периода вегетации характеризуется одним максимумом и одним минимумом температуры и, в общем, повторяет ход температуры воздуха. Максимальные температуры поверхности болотного массива приходятся на июль-август, минимальные – на май. По мере продвижения от поверхности болотной залежи вглубь обнаруживается запаздывание фаз наступления экстремальных значений температуры, которое возрастает с глубиной. Так в слоях глубже 100 см наблюдается смещение времени появления наибольшей средней за период исследований температуры торфяной залежи на сентябрь месяц. Одновременно, происходит уменьшение амплитуд колебаний температуры с глубиной для всех пунктов в среднем от 15-20°C на поверхности болота до 2-3°C на глубине до 300 см.

Интенсивность прогревания торфяной залежи в начале вегетационного периода определяется глубиной ее промерзания в предшествующий зимний период и высотой стояния УБВ. Согласно литературным источникам [7, 8] средняя глубина промерзания для западно-сибирских болот не превышает 70 см. В конце вегетационного периода наблюдается прогревание торфяной залежи на всю глубину. При общем уменьшении температуры воздуха в сентябре на поверхности болота наблюдается более низкая температура, чем в толще торфяной залежи. Сопоставление данных по температуре для пунктов исследования олиготрофного болота показали, что температурный режим п. 2 и п. 4 характеризуется близкими температурами в слое 0-100 см. При этом наблюдается более высокое прогревание торфяной залежи п. 4 по сравнению с п. 2. В торфя-

Таблица 2

Температура воздуха и торфяной залежи пунктов наблюдений
олиготрофного болота за период 2001-2005 гг.

Пункт	Глубина, см	май	июнь	июль	август	сентябрь
Температура воздуха		$\frac{-2.1-23.5}{12.5}$	$\frac{7.7-23.6}{17.0}$	$\frac{10.6-23.6}{17.1}$	$\frac{7.7-24.6}{15.3}$	$\frac{-0.3-19.8}{9.4}$
П.2	0-50	$\frac{-0.3-20.3}{6.4 \ 4.12}$	$\frac{0-16.9}{8.9 \ 2.49}$	$\frac{0.3-19.3}{11.6 \ 1.76}$	$\frac{6.8-19.5}{12 \ 1.15}$	$\frac{6.8-23.9}{10.9 \ 2.2}$
	50-100	$\frac{0-8.8}{4.9 \ 1.78}$	$\frac{1.2-4.8}{5.0 \ 2.0}$	$\frac{2.5-7.2}{6.7 \ 1.42}$	$\frac{4.4-9.8}{7.9 \ 0.8}$	$\frac{6.4-12.4}{8.3 \ 0.78}$
П.3	0-50	$\frac{-1.5-19.9}{6.1 \ 3.04}$	$\frac{1.9-21.9}{10.3 \ 1.52}$	$\frac{2.3-21.9}{12.5 \ 0.53}$	$\frac{5.8-17.9}{12.4 \ 0.58}$	$\frac{6.1-19.7}{11.3 \ 0.98}$
	50-100	$\frac{0-9.1}{2.7 \ 1.7}$	$\frac{1.7-8.1}{4.9 \ 0.85}$	$\frac{3.6-10.4}{6.8 \ 0.99}$	$\frac{3.7-10.8}{7.8 \ 1.05}$	$\frac{3.3-13.7}{8.7 \ 1.2}$
	100-125	$\frac{1.7-7.9}{3.4 \ 1.74}$	$\frac{3.1-7.9}{4.45 \ 0.56}$	$\frac{3.5-8.6}{8 \ 0.78}$	$\frac{4.4-9.1}{7.1 \ 1.05}$	$\frac{5.3-10.9}{8.45 \ 1.1}$
	125-175	$\frac{1.9-6.9}{3.3 \ 0.73}$	$\frac{3.1-7.7}{3.83 \ 0.25}$	$\frac{3-7.8}{4.9 \ 0.7}$	$\frac{3.6-8.8}{6.5 \ 1.31}$	$\frac{4.8-9.3}{7.74 \ 1.03}$
	175-225	$\frac{2.4-4.3}{3.16 \ 0.22}$	$\frac{2.7-5.4}{3.65 \ 0.28}$	$\frac{3.2-7.4}{4.81 \ 0.31}$	$\frac{5-8.2}{6.35 \ 1.0}$	$\frac{5-8.7}{6.94 \ 1.25}$
	225-265	$\frac{2.3-4.2}{3.02 \ 0.28}$	$\frac{2.6-4.5}{3.42 \ 0.17}$	$\frac{2.4-6.4}{4.39 \ 0.34}$	$\frac{2.9-6.9}{5.1 \ 0.99}$	$\frac{3.0-10.4}{5.6 \ 1.21}$
П.4	0-50	$\frac{-1.5-2}{3.37.4 \ 3.1}$	$\frac{1.7-22.9}{11.6 \ 1.6}$	$\frac{6.3-21.4}{13.4 \ 0.54}$	$\frac{8.1-20.2}{13.7 \ 0.89}$	$\frac{6.2-20.3}{11.1 \ 2.0}$
	50-100	$\frac{0.3-18.1}{3.7 \ 1.83}$	$\frac{1.9-16.5}{5.8 \ 1.88}$	$\frac{2.9-13.8}{9.0 \ 0.76}$	$\frac{7.5-18.6}{10.1 \ 0.27}$	$\frac{7.7-11.7}{9.2 \ 0.46}$
П.5	0-50	$\frac{-1.1-21.6}{7.2 \ 3.1}$	$\frac{4-18.5}{10.5 \ 1.0}$	$\frac{6.7-19.51}{3.3 \ 0.78}$	$\frac{9-21.7}{13.2 \ 0.65}$	$\frac{8.8-26.4}{12.5 \ 1.68}$
	50-100	$\frac{0.4-15.2}{4.5 \ 2.1}$	$\frac{3.2-13.2}{7.9 \ 1.38}$	$\frac{3.5-18.4}{10.1 \ 1.76}$	$\frac{5.6-16.8}{11.3 \ 1.3}$	$\frac{7.6-21.2}{11.2-1.05}$
	100-125	$\frac{2.1-9}{4.0 \ 1.06}$	$\frac{3.1-8.9}{5.5 \ 0.89}$	$\frac{5.9-12.1}{7.2 \ 1.02}$	$\frac{5.6-14.3}{10.1 \ 2.16}$	$\frac{6.1-13}{10 \ 0.88}$
	125-175	$\frac{1.4-9}{3.8 \ 2.23}$	$\frac{1.7-5.9}{4.0 \ 1.52}$	$\frac{3.2-12.5}{6.0 \ 1.97}$	$\frac{5.6-10.7}{8.34 \ 1.32}$	$\frac{6.1-11.3}{8.8 \ 0.73}$
	175-225	$\frac{1.7-8}{2.8 \ 1.34}$	$\frac{2.8-5.3}{3.9 \ 0.74}$	$\frac{4.0-8.3}{5.72 \ 1.30}$	$\frac{4.0-10.0}{6.58 \ 1.78}$	$\frac{4.0-10.0}{6.8 \ 1.47}$
	225-265	$\frac{1.0-3.3}{2.1 \ 0.83}$	$\frac{3.1-5.1}{3.38 \ 0.94}$	$\frac{3.2-7.1}{4.63 \ 1.35}$	$\frac{2.3-9.4}{5.17 \ 2.18}$	$\frac{3.0-8.4}{5.14 \ 2.14}$

Примечание: в числителе - экстремальные значения, в знаменателе – среднее стандартное отклонение, выборка 5 лет.

ной залежи п. 5 наблюдаются наиболее высокие температуры торфяной залежи по сравнению с другими пунктами наблюдений, что объясняется наличием открытых пространств, свободных для поступления солнечной радиации. Для всего болотного массива отмечены незначительные колебания температуры поверхностного слоя 0-50 см: п. 2 – 0.3-23.9°C, п. 3 – 1.5-21.9°C, п. 4 – 1.5-23.3°C, п. 5 – 1.1-26.4°C. Следует отметить, что амплитуда колебаний температуры в среднем за 5 лет уменьшается к концу вегетационного периода. А величина средних температур в целом увеличивается с мая по сентябрь. По сравнению с европейскими болотами того же типа [7, 9] торфяная залежь олиготрофных болот Западной Сибири имеет более низкую температуру и значительную амплитуду, что связано с суровыми климатическими условиями.

Таким образом, гидрологический режим и температурные условия болотного массива находятся в тесной зависимости друг от друга, немаловажную роль при этом играют и водно-физические свойства, а также степень разложения и вид торфа. С одной стороны - высокая обводненность способствует промерзанию торфяной залежи в зимний период, с другой стороны - насыщенные влагой болота характеризуется высокой теплоемкостью и способны запастись большое количество тепла в осенний период.

Работа выполнена под руководством д.с.х.н., проф., чл.-корр. РАСХН Л.И. Инишевой и при поддержке РФФИ (гранты 04-05-65197-а, 06-05-64170).

Литература

1. Лисс О.Л., Абрамова Л.И., Аветов Н.А. и др. Болотные системы Западной Сибири и их природоохранное значение. Тула, 2001. 584 с.
2. Васюганское болото (природные условия, структура и функционирование) / 2-е изд., под ред. Л.И. Инишевой. Томск, 2003. 212 с.
3. Наставления гидрометеорологическим станциям и постам. Л., 1990. Вып. 8. 359 с.
4. Романов В.В. Гидрофизика болот. Л., 1961. 359 с.
5. Воробьев П.К. Исследование физических характеристик деятельного горизонта неосушенных болот // Труды ГГИ. 1965. Вып. 126. С. 65-93.
6. Иванов К.Е. Гидрология болот. Л., 1953. 297 с.
7. Чечкин С.А. Водно-тепловой режим неосушенных болот и его расчет. Л., 1970. 204 с.
8. Проскурина Г.В., Чубенко А.Г. Гидрологические характеристики болот бассейна р. Васюган // Комплексные исследования водных ресурсов Сибири. М., 1983. Вып. 56. С. 64-70.
9. Болота Западной Сибири, их строение и гидрологический режим / Под ред. К.Е. Иванова, С.М. Новикова. Л., 1976. 447 с.

**Water-physical properties and hydrothermal regime
of the oligotrophic bog
J.A. Kharanzhevskaya**

In work are resulted water-physical properties and a hydrothermal regime of the oligotrophic bog located in the catchments of river Kluch for the five years' period. As a result of researches the conclusion was made, that the hydrological regime and temperature conditions of a peat deposit are in close interrelation, and the kind of peat and a degree of decomposition influence processes water and heat transports, occurring in its limits.

**Дифференциация химических элементов
в надпойменных торфяниках и минералогический состав
торфа в различных частях речной долины**

Р.А. Шарафутдинов

Красноярский государственный университет, г. Красноярск,
ruslanate@mail.ru

В работе представлены результаты исследования трех надпойменных торфяников, расположенных в верхней и нижней части долины р. Оя, а также в средней части долины р. Кебеж. Рассмотрены основные свойства торфяных отложений, приводятся данные по содержанию химических элементов, полученные нейтронно-активационным методом, а также минералогическая характеристика золы торфа.

Болотные биогеоценозы являются сложными геохимическими системами, оказывая существенное влияние на миграцию и аккумуляцию химических элементов. Известно, что эвтрофные болота находятся в тесном геохимическом сопряжении с речной системой. В свою очередь бассейн реки, с учетом происходящих в нем процессов миграции элементов, представляет собой сложную динамическую и генетическую систему долины и водосборной территории [1]. Геохимический состав речных вод, изменяющийся при движении от верховьев к низовьям рек, способствует появлению неоднородности геохимической пойменной обстановки, в которой формируются эвтрофные болотные биогеоценозы. Таким образом, элементный состав отложений эвтрофных болот можно рассматривать не только как результат перераспределения элементов внутри болотного биогеоценоза, но и как отражение общей направленности дифференциации химических элементов в сопряженных с болотным биогеоценозом ландшафтах.

Методика исследований

В ходе исследования проведено определение микроэлементного состава отложений нейтронно-активационным методом, определение минералогического состава отложений в озоленном образце, а также количественная оценка легко отделимой аллохтонной примеси с применением тяжелых жидкостей.

Для характеристики биогеохимических особенностей формирования зольного состава торфа было использовано отношение средней концентрации элемента в профиле торфяника к его содержанию в подстилающей породе (торфо-литологический коэффициент (КТЛ)). Коэффициент комплексно отражает влияние гидрохимического фона, литолого-геохимических условий залегания болота, а также избирательной способности растений-торфообразователей к аккумуляции зольных элементов. Величина коэффициента более 1 свидетельствует о том, что элемент накапливается в болотной экосистеме, менее единицы - происходит временное включение элемента в болотную экосистему (захват элемента) [2].

Объектами исследования явились заболоченная пойма в северной части оз. Ойского (исток р. Оя) - объект «Ойский»; заболоченная пойма левого берега р. Кебезь (приток р. Оя, район дер. Танзыбей) – объект «Танзыбей»; заболоченная пойма правого берега р. Оя (Южно-Минусинская котловина, приустьевой участок, район дер. Козлово) – объект «Ивановка».

Озеро Ойское расположено в межгорной впадине юго-восточной части хребта Кулумыс на высоте 1300 м, и является истоком р. Оя. Болотный комплекс привязан к заболоченной пойме в северной части озера. Болотные отложения в верхней части представлены сфагновым и осоково-сфагновым торфом; древесно-осоковым, осоковым и осоково-гипновым - в средней части и тростниково-осоковым торфом - в нижней. Болото мезотрофное, но основная часть торфяной толщи (10-80 см) сложена торфом низинного типа. Мощность отложений составляет 84 см, из них в интервале 80-84 см – оглеенный суглинок с включением растений-торфообразователей. Подстилающие породы представлены сизым суглинком с включениями дресвы и гальки. Торф имеет высокую зольность (минимальная 10 %, максимальная 48 %), характеризуется средней и высокой степенью разложения (18.1-43.7 %) и рН в интервале 4-5.4. Содержание легко отделимой аллохтонной примеси достигает 40 % от веса торфа. Начало торфообразования по данным радиоуглеродного анализа 3925 ± 25 лет назад (СОАН-5884).

Болотные отложения на заболоченной пойме р. Кебезь представлены торфом различного состава, торфяного и осокового в нижней части, и сфагновым и шейхцериево-сфагновым в верхней части. Болото мезотрофное, основная часть отложений представлена торфом низинного типа. Мощность отложений составляет 130 см, подстилающие породы представле-

ны сизым суглинком с включением гальки. Зольность торфа колеблется от 5 до 40 %, степень разложения средняя и высокая (23-44 %). pH изменяется в интервале 4.1–5.3. Содержание легко отделимой аллохтонной примеси достигает 20 %. Начало торфообразования по данным радиоуглеродного анализа 3900±60 лет назад (СОАН-5957).

Болотные отложения на заболоченной пойме в приустьевом участке р. Оя представлены торфом низинного типа. Подстилающими породами является оторфованная супесь (возраст 4560±40 л.н. ГИН-4251) и зеленовато-голубоватые суглинки до глубины 350 см [3]. Торф содержит значительное количество минеральных примесей и характеризуется высокой зольностью (39-80 %). Степень разложения торфа в среднем составляет 30 %, pH изменяется в пределах 6.9-7.1. Торф включает небольшое количество раковин моллюсков родов *Vallonia*, *Pupilla*, *Lumnea*. Содержание легко отделимой аллохтонной примеси достигает 50 %.

Результаты исследований

Для объекта «Ойский» характерно следующее распределение элементов (в скобках указан КТЛ): сидерофильные металлы группы железа распределяются следующим образом: Cr (0.61) > Fe (0.59) > Co (0.47). Типичные щелочноземельные металлы: Ba (0.67) > Ca (0.6). Типичные щелочные металлы: Na (1.6) > Cs (0.87) > Rb (0.5). Из изученных элементов большинство захватывается болотной экосистемой, накопление характерно для Na (1.6) и Br (2.1). Среднее содержание Br в торфе составляет 6.7 мг/кг, содержание Br в подстилающей породе превышает литосферный кларк. На глубине 72-76 см отмечается самое высокое в профиле содержание большинства элементов: Yb, Ca, Sm, Fe, Ta, Co, Eu, Au, La, Cs, Sc, что объясняется наличием на этой глубине глеевого горизонта. Увеличение содержания железа в верхней части профиля (0-5 см) связано с наличием кислородного барьера. Некоторое увеличение содержания Ba и Co также связано с осаждением гидроокислов железа. Среднее содержание (мг/кг) химических элементов следующее: Au - 0.022, Sr < 60, Ca - 11600, Fe - 11470, Cr - 22.6, Ba - 176, U - 1.7. Минералогический состав золы торфа характеризуется преобладанием плагиоклаза в нижней части торфяной толщи (27-57 %), а также кремнистых обломков (до 50 %). В нижних слоях отмечается содержание калиевых полевых шпатов (до 7 %), альбита (до 5 %), монацит-амфибола (до 5 %), ромбического пироксена (до 4 %), биотита (до 3 %), магнетита, циркона и эпидот-цоизита (до 1 %); единично отмечен алмадин, ильменит, пирит, сфен, апатит, дистен, ставролит. Верхняя часть торфяной толщи характеризуется высоким содержанием глинисто-слюдистых агрегатов (до 95 %), незначительным содержанием зерен кварца размером менее 0.05 мм (до 2 %), наличием монацит-амфибола

(до 2 %), эпидот-цоизита (до 1 %), и единично апатита, циркона, алмаنديна, магнетита, ильменита, пирита, биотита, плагиоклаза.

Для объекта «Танзыбей» характерны следующие КТЛ: Fe (0.37) > Co (0.3) > Cr (0.26), Cs (0.31) > Rb (0.3) > Na (0.23), Ca (0.42) > Ba (0.37), Br (1.1). Таким образом, из всех изученных элементов в торфе накапливается лишь Br и Au, остальные элементы захватываются болотным биогеоценозом. Поскольку содержание Au в подстилающих породах ниже порога определения, КТЛ рассчитать не удалось. Средние содержания элементов в торфе (мг/кг) следующие: Cr - 19.4, Au - 0.2, Sr < 60, Ca - 5500, Fe - 9800, Ba - 106, Na - 1700, Br - 7.8, U - 0.81. Средние содержания элементов в подстилающей породе: Cr - 72.7, Au < 0.005, Sr < 60, Ca - 13000, Fe - 26000, Ba - 280, Na - 7300, Br - 7, U - 1.9. Минералогический состав значительно изменяется с глубиной. В верхней части профиля, на глубине до 30 см отмечается содержание кварца 9 %, причем 8 % составляют кристаллы кварца размером 0.1-0.25 мм, полуугловатые, редко округлой формы, с гладкой или слабощероховатой поверхностью. Бесцветные зерна кварца аутигенного происхождения (призматические кристаллики с округлыми ограничениями) составляют 1 %, размером 0.05-0.1 мм. Калиевые полевые шпаты составляют 3 %, плагиоклазы 5 %, отмечено высокое содержание биотита (0.1-0.15 мм, редко до 0.25 – гидробиотит), также отмечены магнетит (2 %), эпидот (8 %), монацит-амфибол (6 %), ильменит, циркон (1 %). Единично встречается хромшпинелид, алмадин, турмалин, сфен, рутил, анатаз, силлиманит, хлорит, лейкоксен. С глубиной доля кварца сокращается, несколько сокращается разнообразие минералов. На глубине 60 см доля кварца составляет 3 %, калиевых полевых шпатов 3 %, плагиоклаза 5 %, альбита 2 %, монацит-амфибола 2 %, эпидота 1 %, единично отмечены – магнетит, ильменит, пирит, гематит, дистен, сфен, апатит, циркон, рутил. Отмечено присутствие глинисто-гидрослюдистых агрегатов – 70 %. На глубине 120 см доля кварца снижается до 2 %, 1 % приходится на эпидот-цоизит, единично отмечены плагиоклаз, цеолит (радиально-лучистые агрегаты размером не более 0.04 мм), серицит, ильменит, монацит-амфибол, щелочной амфибол, пироксен, лимонит, алмадин, турмалин, сфен, апатит, циркон, рутил. 97 % приходится на глинисто-гидрослюдистые агрегаты.

Торф объекта «Ивановка» характеризуется значительными аккумуляциями ряда элементов, КТЛ изменяется следующим образом: Cr (1.6) > Fe (1.3) > Co (1.29), Ca (2.07) > Ba (1.6), Cs (0.81) > Rb (0.65) > Na (0.57), Br (4.3). На глубине 0-5 см отмечено максимальное содержание Fe, Co, а также повышенные содержания ряда элементов, что объясняется наличием кислородного барьера. Глеевый горизонт прослеживается слабо. Среднее содержание элементов (мг/кг) составляет: Au - 0.07, Sr - 757, Ca - 159680,

Fe – 8900, Cr – 37.3, Ba – 333, U – 17. Минералогический состав весьма обеднен. Для глубины 190-230 см характерно содержание плагиоклаза – до 5 %, кварца – до 5 %, хлорита, монацит-амфибола, эпидот-цоизита – до 1 %. В этом же интервале глубин единично отмечается силлиманит, турмалин, лейкоксен, рутил. Калиевые полевые шпаты, магнетит, ильменит, ромбический пироксен, циркон единично встречаются во всех слоях отложений. Подавляющая доля приходится на карбонаты (70-92 %).

Выводы

В результате исследований установлено, что в отложениях болота, сформированного в приустьевом участке р. Оя (объект «Ивановка»), происходит более интенсивное накопления Ca, Sr, U, Br, Au, Ba, Cr и Co; болотным биогеоценозом накапливаются Cr, Fe, Co, Ca, Ba, Br. Низкое содержание железа здесь объясняется слабощелочной средой, в которой железо менее подвижно, а также высоким содержанием Ca (последнее объясняется распространением Ca-содержащих пород, в частности плагиоклаза в верховьях рек Оя и Кебеж). С аккумуляцией Ca связаны аккумуляции Sr, поскольку эти элементы часто мигрируют в парной зависимости (коэффициент корреляции для объекта «Ивановка» 0.92). Средние содержания элементов в торфяной толще соответственно превышают содержания элементов в торфе объектов «Танзыбей» и «Ойское». Наблюдается уменьшение среднего содержания Hf, Tb, Rb, Ta, La, Th в торфе от верховьев к низовьям речной долины, что объясняется предположительно уменьшением содержания первичных минералов в торфах болот нижней части речной долины. Содержание Ca и Br увеличивается. Минералогический состав исследуемых отложений в целом схож, основными минералами являются калиевые полевые шпаты, плагиоклазы и кварц. Морфология минералов указывает на то, что большинство из них подверглось нескольким циклам транспортировки.

Литература

1. Кузнецов В.А. Геохимия речных долин. Минск, 1986, 55 с.
2. Ефремова Т.Т., Ефремов С.П., Куценогий К.П. Биогеохимия Fe, Mn, Cr, Ni, Co, Ti, V, Mo, Ta, W, U в низинном торфянике на междуречье Оби и Томи // Почвоведение. 2003. № 5. С. 557-567.
3. Ямских Г.Ю. Растительность и климат голоцена Минусинской котловины. Красноярск, 1995. 180 с.

Differentiation of chemical elements in fluvial terrace turbaries and peat mineral composition in various parts of a river valley

R.A. Sharafutdinov

In the given work results of research of three in fluvial terrace turbaries located in the top and bottom part of a valley of the river Oja, and also in an average part of a valley of the river Kebezh are submitted. The basic properties of peat adjournment are considered, the data under the contents of the chemical elements, received neutron activation by a method, and also the mineralogical characteristic of ashes of peat are submitted.

Банк данных по эмиссии метана из почв России

Н.А. Шнырев, М.В. Глаголев

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

В работе кратко описан, созданный авторами банк данных по эмиссиям метана из почв России. К настоящему времени банк содержит более 600 записей об эмиссии метана в различных регионах.

К настоящему времени основной вклад в парниковый эффект вносят CO_2 и CH_4 (соответственно 60 % и 15 %) [1]. Таким образом, точная оценка потока метана должна играть важную роль для предсказания изменения концентрации CH_4 и его влияния на климат [2]. Из рассмотрения современных оценок отдельных работ тропосферного баланса CH_4 видно, что почвенный покров занимает ведущую позицию в системе наземных источников этого газа [3]. В свою очередь среди почв одним из главных источников метана являются болотные почвы; глобальная эмиссия с их поверхности составляет по данным различных авторов от 50 до 150 Тг/год [4-7].

Для контроля источников парниковых газов на международном уровне было принято несколько соглашений, в частности, рамочная Конвенция ООН об изменении климата и Киотский протокол. Осуществление условий этих соглашений, подразумевает, среди прочего, проведение инвентаризации источников парниковых газов, выделяющихся в атмосферу с территории нашей страны, в частности, инвентаризацию источников CH_4 [8]. Работы с целью подсчета эмиссии метана из почв РФ в свое время проводили А.В. Rozanov [9] и V.V. Zelenev [10]. Не очень успешную попытку современной инвентаризации эмиссии метана из почвы предприняли Г.Г. Суворов с соавторами [8], пытаясь наполнить новыми данными старую базу

данных Зеленева. В результате, с одной стороны, подавляющее большинство полей оказались пустыми, но, с другой стороны, значительная часть важной информации была отброшена, поскольку она не подходила ни под одно поле базы. В свое время, приняв участие в работе [8] и столкнувшись с описанной выше проблемой, мы посчитали необходимым для инвентаризации опубликованных измерений эмиссии метана из почв России вместо базы данных разработать новую информационную систему, основываясь на концепции «банка данных». Целью нашей работы было создание банка данных по эмиссии метана из почв России, организованного так, чтобы при его заполнении не происходило потерь информации.

Структура банка данных по эмиссии метана из почв России

Банк данных – совокупность баз данных, объединенных общностью применения [11]. В наш банк данных входят три базы данных: база экспериментальных данных (БЭД), база математических моделей (БаМаМ) и база литературных ссылок (БаЛиС). При этом мы использовали подход, реализованный ранее в базе исходной информации системы АВОГАДРО [12]: эксперту-вкладчику предоставляется возможность использовать два вида бланков для записи исходной информации: жесткий и свободный. В первом уже заранее жестко распределены поля для элементов информации. В свободном бланке эксперту предоставлена максимальная возможность свободного формирования документа. Для этого в названном бланке оставлен формат лишь для библиографической части и карты эксперта и редактора, а вся остальная часть бланка имеет вид чистого листа. Таким образом, в карте эксперта свободного бланка в точности воспроизводится опубликованная информация, которая дополняется любыми комментариями в карте редактора.

Пример описания измерения в банке данных

Карта эксперта свободного бланка БЭД. Измерения проводили камерным методом 20-25.07.90 в районе пос. Хальмер-Ю (67°59'N, 64°42'E) на плоскобугристом болоте площадью 5 км² с озерами 10-50 м в поперечнике [Slobodkin et al., 1992]. Исследованы следующие участки: i) торфяные бугры высотой 0.5-1.0 м с минеральным ядром внутри и глубиной залегания многолетней мерзлоты на уровне 40-50 см), растительность на бугре представлена березой (*Betula nana*), брусникой и морошкой (*Rubus chamaemorus*) при почти 100 % покрытии поверхности почвы сфагновыми мхами (*Sphagnum sp.*); ii) мочажины с осоково-пушицево-сфагновой растительностью: *Carex aquatilis* и *C. globularis*, *Eriophorum vaginatum*, сфагновые (*Sphagnum sp.*), политриховые (*Polytrichum sp.*) и гипновые мхи;

iii) небольшие озера (диаметром 10-20 м) [Паников с соавт., 1992; Panikov, 1994]. Результаты измерений: количество измерений 5, среднеарифметическое значение потока $59.5 \text{ мгCH}_4/\text{сут}/\text{м}^2$, среднеквадратическое отклонение $107.5 \text{ мгCH}_4/\text{сут}/\text{м}^2$, медиана $12.2 \text{ мгCH}_4/\text{сут}/\text{м}^2$ [Panikov, 1994].

Карта редактора свободного бланка БЭД. В свободной форме излагаются ссылки на используемые литературные данные.

Жесткий бланк (пустые поля опущены). LOCATION: Республика Коми; PLACE: Хальмер-Ю; SITE: плоскобугристое болото; COMMENTS: болото площадью 5 км^2 с озерами 10-50 м в поперечнике, исследованы: i) торфяные бугры высотой 0.5-1.0 м с минеральным ядром внутри, ii) мочажины, iii) озера диаметром 10-20 м; PERMAFROST: True; PERDEPTH: 40-50 см; VEGETATION: *Betula nana*, *Rubus chamaemorus*, *Sphagnum sp.*, *Carex aquatilis*, *C. globularis*, *Eriophorum vaginatum*, *Polytrichum sp.*; LATITUDE: 67.983°N ; LONGITUDE: 64.07°E ; START-DATE: 20.07.1990; END-DATE: 25.07.1990; MG-D-AV: $59.5 \text{ [мгCH}_4/\text{сут}/\text{м}^2]$; MG-D-STD: $107.5 \text{ [мгCH}_4/\text{сут}/\text{м}^2]$; MG-D-MED: $12.2 \text{ [мгCH}_4/\text{сут}/\text{м}^2]$; COMMENTS: Измерения проводили камерным методом; CITATION: Panikov, 1994.

Литература

1. Rodhe H.A. Comparison of the Contribution of Various Gases to the Greenhouse Effect // Science. 1990. V. 248. P. 1217-1219.
2. 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.
3. Минько О.И. Планетарная газовая функция почвенного покрова // Почвоведение. 1988. № 7. С. 59-75.
4. Christensen T. Seasonal emission of methane from the active layer of organic tundra soils-scale and controlling factors // "Joint Russian-American seminar on Cryopedology and global change" Pushchino. 15-16 November 1992. P. 325-341.
5. Бажин Н.М. Метан в атмосфере // Соросовский образоват. ж. 2000. Т. 6. №3. С. 52-57.
6. Morishita T., Hatano R., Nagata O. et al. Methane Uptake of Forest Soil near Khabarovsk // Proceedings of the Eighth Symposium on the Joint Siberian Permafrost Studies between Japan and Russia in 1999. Tsukuba. 19-20 January 2000. P. 154-159.
7. Nakagawa F., Yoshida N., Nojiri Y et al. Production of methane from allasses in eastern Siberia: Implications from its ^{14}C and stable isotopic compositions // Global Biogeochemical Cycles. 2002. V. 16(3), 1041, doi:10.1029/2000GB001384.

8. Суворов Г.Г., Шнырев Н.А., Глаголев М.В. База данных по эмиссии метана из почв России // Труды Всероссийской конференции «Экспериментальная информация в почвоведении: теория и пути стандартизации». Москва. 20-22.07.2005 г. С. 149-151.

9. Rozanov A.B. 1995. IIASA Working Paper WP-95-31, Laxenburg: IIASA.

10. Zelenev V.V. 1996. IIASA Working Paper WP-96-51, Laxenburg: IIASA. 45 pp.

11. Математический энциклопедический словарь / Под ред. Прохорова Ю.В. М., 1988. 847 с.

12. Левицкий А.А., Лосев С.А., Макаров В.Н. Задачи химической кинетики в автоматизированной системе научных исследований АВОГАДРО // Математические методы в химической кинетике. М., 1990. С. 7-38.

The data bank of methane emission from Russian soils

N.A. Shnyrev, M.V. Glagolev

In this paper we present the data bank of methane emission from Russian soils. At the present time the bank contains more than 600 data records about CH₄ emission from different regions of Russia.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	3
Приветствие Председателя Национального торфяного Комитета РФ, члена исполнительного комитета Международного Торфяного Общества (IPS), Директора НП «Торфяное Общество» Д.Ю. Гогина	
	5
Часть I. Лекторский симпозиум	7
Бахнов В.К. Биогеохимия болотного почвообразования.....	8
Бамбалов Н.Н. Анализ биологических факторов разложения органического вещества в болотной среде	18
Макаренко Г.Л. Изучение геологической природы болот на основе степени трофности среды торфонакопления.....	30
Панов В.В. Связь болотообразования и торфонакопления с колебаниями уровня моря в четвертичном периоде	40
Инишева Л.И. Заболачивание на Западно-Сибирской равнине	49
Комиссаров И.Д. Химическая природа гуминовых кислот	60
Аввакумова Н.П. Гуминовые пелоидопрепараты: перспективы использования в медицинской практике.....	63
Шишмина Л.В., Чухарева Н.В. Направления использования гуминовых кислот.....	72
Юдина Н.В. Механохимическая активация как способ получения из торфа высокоэффективных препаратов стимулирующего действия.....	81
Бугаенко Н.И., Федотов Р.А. Правовая и технологическая готовность России к развитию рынка альтернативной энергетики, связанной с использованием возобновляемых источников энергии	87
Дубровская Л.И., Инишева Л.И. Использование методов многомерного статистического анализа в изучении закономерностей агрохимических свойств торфов	94

Глаголев М.В., Шнырев Н.А.

Анализ космических снимков - перспективное направление в изучении газовой функции болотных экосистем 104

Мукина Л.Р.

Биогеохимические свойства сапропелей гумидной зоны Красноярского края как компонентного состава органо-минеральных удобрений (на примере озер Енисейского района) 114

Степченко Л.М.

Использование гуминовых препаратов из торфа в сельскохозяйственном производстве: состояние проблемы и перспективы развития 119

Бурмистрова Т.И., Алексеева Т.П., Стахина Л.Д., Терещенко Н.Н.

Адсорбционные материалы на основе торфа: перспективы использования для ликвидации аварийных разливов нефти на воде и почве 125

Часть II. Симпозиум молодых ученых 133**Анисимова Т.Ю.**

Итоги, состояние и перспективы сельскохозяйственного торфопользования в России 134

Анциферова О.А.

Осушенные болотные почвы Замландского полуострова, их использование и деградация 139

Барановский Н.В.

Параллельные вычислительные технологии и математическое моделирование торфяных пожаров 144

Бобровская Д.Л., Касимова Л.В., Кравец А.В.

Влияние органо-минеральных удобрений на основе активированных торфов на свойства серой оподзоленной почвы и урожай сельскохозяйственных культур 148

Головацкая Е.А., Дюкарев Е.А.

Влияние погодных условий на эмиссию углекислого газа с поверхности олиготрофного болота 153

Головченко А.В., Волкова Е.М.

Численность, запасы и структура микробных комплексов низинных торфяников Тульской области 158

Гончарова Н.Н.

Некоторые особенности мезотрофных болот на юге Республики Коми 162

Гостищева М.В.

Характеристика химических и биологических свойств
различных фракций гуминовых кислот торффов и сапропелей 168

Гренадерова А.В.

Болотообразование на территории юго-западного района
Красноярской лесостепи (на примере Качинского болота) 175

Дюкарев Е.А., Головацкая Е.А.

Экспериментальное определение термических
характеристик торфяной залежи в теплый период года 181

Зайцева О.Б., Веселов Н.В.

Особенности формирования биоразнообразия
растительного покрова на выработанном болоте
Васильевский мох Тверской области 185

Иванова Е.С.

Трансформация органического вещества торффов
разного ботанического состава 191

Ильина А.А.

Использование методов ¹³C-ЯМР-спектроскопии
и хроматографии на гелях для изучения строения
гуматов натрия и аммония 198

Карпенко Л.В.

Влияние палеогидрологического режима болота
в междуречье Кас-Сым на сукцессии растительности
и аккумуляцию торфа 203

Качалкин А.В., Глушакова А.М.

Дрожжевое сообщество сфагновых мхов 210

Коронатова Н.Г., Косых Н.П., Цобель С.,**Пели Э.Р., Надь Я.Д.**

Некоторые параметры круговорота углерода
в экосистеме рьяма лесо-степной зоны Западной Сибири 215

Кухаренко О.С., Добровольская Т.Г., Головченко А.В.,**Матышак Г.В.**

Бактериальные комплексы торфяных почв в условиях
криогенеза 221

Оконешникова М.В.

Сравнительная характеристика состава гумуса
болотных почв аласов Центральной Якутии 227

Савичев О.Г.

К вопросу оценки предельно допустимых сбросов
загрязняющих веществ в болота 233

Сергеева М.А., Задорожная С.В.

Образование и эмиссия метана в торфяных залежах
олиготрофного болота 238

Сироткина Е.Е., Волкова Е.М., Ципириг О.В. Комплексная оценка биоты на примере одного из карстовых болот Тульской области	245
Тимофеев А.Е., Исаева Е.Ю. Исследование водно-физических и структурных свойств композиционных сорбентов на основе торфа	250
Трегубкина М.В., Соколова И.В., Чайковская О.Н., Кудряшева Н.С., Федорова Е.С. Изучение свойств гуминовых веществ хемилюминесцентными методами	255
Филиппов Д.А. Направления исследований болот Вологодской области	261
Фисенко М.Г., Тронева Т.М., Клопотова Н.Г., Арсеньева О.В. Биологическая активность лечебных торфов юга Западной Сибири	266
Харанжевская Ю.А. Водно-физические свойства и гидротермический режим олиготрофного болота	271
Шарафутдинов Р.А. Дифференциация химических элементов в надпойменных торфяниках и минералогический состав торфа в различных частях речной долины	278
Шнырев Н.А., Глаголев М.В. Банк данных по эмиссии метана из почв России	283

CONTENTS

Introduction	3
Greeting of Chairman of National Peat Committee of the Russian Federation, member of executive committee of the International Peat Society (IPS), Directors III «Peat Society» D.J. Gogin	
	5
Part I. Lecture symposium	7
Bakhnov V.K. Biochemistry of bog soil formation.....	8
Bambalov N.N. Analysis of biological factors of organic substance decomposition in mires.....	18
Makarenko G.L. Study of the geological nature of peat deposits based on trophicity degree of peat accumulation environment.....	30
Panov V.V. The relationship of the development mires and peatlands with fluctuations sea level in Q-period.....	40
Inisheva L.I. Waterlogging on the Western-Siberian Plain.....	49
Comissarov I.D. The chemical nature of humic acids.....	60
Avvakumova N.P. Humic peloidpreparations: prospects of use in medical practice.....	63
Shishmina L.V., Chukhareva N.V. Humic acids use trends.....	72
Yudina N.V. Mechano-chemical activation as the method of reception from peat of highly effective preparations of stimulating action.....	81
Bugaenko N.I., Fedotov R.A. Legal and technological readiness of Russia for development of the market of the alternative power connected to use of renewed energy sources.....	87
Dubrovskaja L.I., Inisheva L.I. Use of methods of the multivariate statistical analysis in studying regularity of agrochemical properties of peats.....	94
Glagolev M.V., Shnyrev N.A. Satellite remote sensing – perspective method for studiing of wetland ecosystems gas function.....	104

Mukina L.R.

Biogeochemical properties of sapropels humid zone of Krasnoyarsk region as componental structure of organic-mineral fertilizers (by the example of lakes of the Yenisei area)..... 114

Stepchenko L.M.

Use of humic preparations from peat in the agricultural production: the condition of a problem and prospect of development..... 119

Burmistrova T.I., Alekseeva T.P., Stakhina L.D.,**Tereshchenro N.N.**

Adsorptive materials based on peat: perspective of using for petroleum pollution removal both of water and soil ecological systems..... 125

Part II. Symposium of young scientific 133**Anisimova T.U.**

Results, state and perspectives of agriculture peat in Russia..... 134

Antziferova O.A.

Drained peat soils of Samland Peninsula, use and degradation..... 139

Baranovsky N.V.

Parallel computing technologies and mathematical modelling peat fires..... 144

Bobrovskaja D.L., Kasimova L.V., Kravets A.V.

Influence of organo-mineral fertilizers on the basis of the activated peats on properties of gray forest podzolics soil and the productivity of agricultural crops..... 148

Golovatskaya E.A., Dyukarev E.A.

Influence of weather conditions on the carbon dioxide emission from the oligotrophic bog surface..... 153

Golovchenko A.V., Volkova E.M.

Population density, biomass and structure of microbial complexes in the low peat bogs of Tulsckaya region..... 158

Goncharova N.N.

Some features of mesotrophic mires in the south of Komi Republic..... 162

Gostishcheva M.V.

The characteristic of chemical and biological properties of arious fractions of humic acids of peats and sapropels 168

Grenaderova A.V.

The formation of bogs in the southwest of Krasnoyarsk Steppe-Forest (for example Kacha bog) 175

Dyukarev E.A., Golovatskaya E.A. Experimental investigation of peat deposit thermal properties in frost-free period	181
Zajtseva O.B., Veselov N.V. Features of formation of a biodiversity of a vegetative cover on produced bog of the Tver area	185
Ivanova E.S. Transformation of organic substance of peats different botanical structure.....	191
Ilyina A.A. Usage methods of ¹³ C- NMR-spectroscopy and chromatography with gel for study the humates of sodium and ammonia structure.....	198
Karpenko L.V. Influence paleohydrological mode of bog in Kas-Sym watershed on succession vegetation and accumulation of peat	203
Kachalkin A.V. , Glushakova A.M. Yeasts communities on Sphagnum mosses	210
Koronatova N.G., Kosykh N.P., Czóbel Sz., Péli E.R., Nagy J.G. Some parameters of C turnover in ryam ecosystem in forest-steppe zone of Western Siberia.....	215
Kukharev O.S., Dobrovolskaya T.G., Golovchenko A.V., Matyshak G.V. Bacterial complexes in peat soils under cryogenesis.....	221
Okoneshnikova M.V. Comparative characteristic of humus composition of swampy soils in alaeases of Central Yakutia.....	227
Savichev O.G. To the question on allowable pollution of bogs	233
Sergeeva M.A., Zadorognaya S.V. Conditions of formation and methane emission in oligotrophic landscapes Vasjugan bog.....	238
Sirotkina E.E., Volkova E.M., Tshipirig O.V. Complex estimation biota on an example of one of karst-hole bogs of Tula region.....	245
Timofeev A.E. , Isaeva E.Iu. Water-physical properties and structurization research of composite sorbents on the basis of peat.....	250
Tregubkina M.V., Sokolova I.V., Tchaikovskaya O.N., Kudryasheva N.S., Fedorova E.S. Study of humic substances properties by chemiluminescent methods	255

Philippov D.A.	
Directions of researches of the Vologda region mires	261
Fisenko M.G., Tronova T.M., N.G. Klopotova, Arsenjeva O.V.	
Biological activity of medical peats in south of West Siberia	266
Kharanzhevskaya J.A.	
Water-physical properties and hydrotermical regime of the oligotrophic bog	271
Sharafutdinov R.A.	
Differentiation of chemical elements in fluvial terrace turbaries and peat mineral composition in various parts of a river valley	278
Shnyrev N.A., Glagolev M.V.	
The data bank of methane emission from Russian soils	283



Сфагнум ангустифолиум



Цветущая осока



Эвтрофное болото



Пушица влагалищная



Участники Первой Научной Школы на полевой экскурсии



Участники Второй Научной Школы



В зале заседаний



Знакомство с болотной растительностью на полевой экскурсии



Участники Третьей Научной Школы



Участники Четвертой Научной Школы



Посвящение в торфоведы



Памяти академика РАСХН Виктора Никифоровича Ефимова

Ушел из жизни большой ученый, великолепный педагог и хороший человек Виктор Никифорович.

Виктор Никифорович родился 5 августа 1929 г. в г. Малая Вишера Новгородской области. Выпускник Ленинградского сельскохозяйственного института, он прошел большой путь в науке, начиная с ассистента и заканчивая заведующим кафедрой агрохимии и агроэкологии Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. Виктор Никифорович внес большой личный вклад в решение фундаментальных и прикладных проблем агрохимии. Основные исследования посвящены решению проблем деградации дерново-подзолистых и болотных почв при антропогенном воздействии и их предотвращению. Автор более 350 трудов, в том числе 4 монографий, Заслуженный деятель науки Российской Федерации, Виктор Никифорович интересовался многими вопросами изучения торфяных почв. Его монография «Торфяные почвы и их плодородие» удостоена премии имени В.Р. Вильямса и является настольной книгой исследователей, занимающихся изучением торфяных почв.

Виктор Никифорович отдавал много сил не только научному творчеству, но и педагогической работе. Им подготовлено более 40 кандидатов и 9 докторов наук.

Виктор Никифорович был для всех нас не только замечательным, доброжелательным Учителем и Наставником во всех наших делах.

Память о Викторе Никифоровиче навсегда сохранится в наших сердцах.

302

Научное издание

Болота и биосфера
Материалы Пятой Научной Школы

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

Техническое редактирование _____

Подписано в печать: _____

Заказ: _____

Тираж: 300 экз.

Печать: трафаретная

Бумага: офсетная

Формат: _____

Уч. изд. л.: _____

Усл. печ. л.: _____

Издательство ФГУ «Томский ЦНТИ»
Лицензия ИД № 05050 от 14.06.2001г.
Отпечатано в ФГУ «Томский ЦНТИ».
Лицензия ПД № 12-0084 от 16.04.2001г.
634021, г. Томск, пр. Фрунзе, 115/3.
Тел. (3822) 26-31-69